

**APLICACIÓN DEL SOFTWARE SYMPHONY DE INHERENT
SIMPLICITY PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TEORÍA
DE RESTRICCIONES A LA CADENA DE SUMINISTRO DE
UNA EMPRESA DEL SECTOR REAL.
CASO: SIMPLE SOLUTIONS**

LINA MARCELA SALCEDO RAMÍREZ

**Trabajo de grado para optar al título de
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Director

Daniel Céspedes Peña



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIRÍA INDUSTRIAL
ENVIGADO
2012**

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a las personas que contribuyeron en mi desarrollo profesional, especialmente a:

Dios, por darme esta oportunidad y permitirme completar mis estudios para ser Ingeniera Industrial.

Mi familia, por el apoyo tan grande e incondicional.

Mi director del Trabajo de Grado, Daniel Céspedes, por contribuir con todo su conocimiento y paciencia en el desarrollo de este trabajo de grado.

La Empresa y las personas que la representan.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PRELIMINARES.....	12
1.1 Planteamiento del problema	12
1.1.1 Contexto y caracterización del problema	12
1.1.2 Formulación del problema	13
1.2 Objetivos del proyecto	13
1.2.1 Objetivo General.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Marco teórico.....	14
1.3.1 Conceptos básicos	14
1.3.2 TOC Aplicado a Distribución.....	16
1.3.3 <i>Symphony de Inherent Simplicity</i>	27
2. METODOLOGÍA.....	29
3. APLICACIÓN DEL SOFTWARE SYMPHONY DE INHERENT SIMPLICITY PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TEORÍA DE RESTRICCIONES A LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA DEL SECTOR REAL	31
3.1 Situación actual de la empresa.....	31
3.1.1 Medidas de desempeño de la empresa	32
3.1.2 Análisis de capacidad	36
3.1.3 Diagnóstico de la situación actual.....	37
3.2 Datos y simulación en <i>Symphony</i>	40
3.2.1 ¿Como funciona el simulador?	40

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.2	Datos de entrada de <i>Symphony</i>	41
3.2.3	Cálculo de amortiguadores	42
3.2.4	Rutina diaria	44
3.3	Resultados de la simulación	53
3.3.1	Resultado General.....	53
3.3.2	Medidas de desempeño de la empresa	56
3.4	Plan de acción	63
3.4.1	Cronograma	64
3.4.2	Capacitaciones al personal en TOC	66
3.4.3	Cálculo de amortiguadores	66
3.4.4	Desarrollo de Interfaces.....	67
3.4.5	Reposición frecuente por consumo.....	67
3.4.6	Sistema de prioridades	67
3.4.7	Administración dinámica de amortiguadores	67
4.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Suma móvil	43
Tabla 2 Ejemplo 3.....	47
Tabla 3 Ejemplo 4.....	50
Tabla 4 Resultados Generales de la Simulación.....	54
Tabla 5 Resultados SKU 10002.....	57
Tabla 6 Resultados SKU 10003.....	58
Tabla 7 Rotación del Inventario (ITR)	63
Tabla 8 Cronograma	65

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Nivel de Inventario (Simple Solutions).....	16
Figura 2 Inventario vs Tiempo de Reposición (Simple Solutions).....	17
Figura 3 Inventario con Respecto al Tiempo 1 (Simple Solutions).....	18
Figura 4 Inventario con Respecto al Tiempo 2 (Simple Solutions).....	19
Figura 5 Zonas del Amortiguador. Adaptación (Simple Solutions).....	22
Figura 6 Sistema de prioridades	23
Figura 7 Gráfico Mucho Rojo (Simple Solutions).....	25
Figura 8 Gráfico Mucho Verde (Simple Solutions).....	25
Figura 9 Ajuste de Amortiguadores (Simple Solutions)	26
Figura 10 Bodegas. Adaptación (Simplicity)	28
Figura 11 Inventario en Días	32
Figura 12 Nivel de servicio	34
Figura 13 Rotación del Inventario Mensual.....	36
Figura 14 Capacidad	37
Figura 15 Paradigmas. Adaptación (Simple Solutions)	39
Figura 16 Cálculo de Amortiguadores.....	43
Figura 17 Día Cero	45
Figura 18 Interfaz <i>Symphony</i> (Comportamiento Diario)	46
Figura 19 Día 10.....	46
Figura 20 Mucho Verde SKU 1	47
Figura 21 Mucho Verde SKU 3.....	47

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 22	Ejemplo Gráfico Mucho Verde	48
Figura 23	Día 20.....	49
Figura 24	Mucho Rojo SKU 3	49
Figura 25	Ejemplo Gráfico Mucho Rojo	51
Figura 26	Día 90 SKU 3 Consumo	52
Figura 27	Día 90 SKU 3 Entradas	52
Figura 28	Resultado Final.....	53
Figura 29	SKU 10002 REF	58
Figura 30	SKU 10002 SIM.....	58
Figura 31	SKU 10003 REF	59
Figura 32	SKU 10003 SIM.....	59
Figura 33	Exceso de Inventario REF	60
Figura 34	Exceso de Inventario SIM	60
Figura 35	Estadístico de Colores REF.....	61
Figura 36	Estadístico de Colores SIM	61
Figura 37	Número de días de agotado REF (<i>Stock out Days</i>)	62
Figura 38	Número de días de agotado SIM (<i>Stock out Days</i>)	62

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1 Datos de Entrada (Master Data).....	75
Anexo 2 Ubicaciones del Inventario (Stock Locations)	77
Anexo 3 SKU's en Ambientes MTS (MTSSKU's_Create SKU's).....	78
Anexo 4 Amortiguadores Iniciales (Consumption_Initial_Buffers) y Simulación del consumo (Consumption_Simulation)	80
Anexo 5 Estado inicial (Status_Initial_Sim)	81
Anexo 6 Estado de la simulación (Status_Simulation_RefWHs)	82
Anexo 7 Gráficos día 20.....	83
Anexo 8 Gráficos día 90.....	84
Anexo 9 Resultados de la Simulación	87
Anexo 10 Niveles de Inventario Diario por SKU.....	89
Anexo 11 Exceso de Inventario Bodega Referencia	91
Anexo 12 Exceso de Inventario Bodega Simulada	92

RESUMEN

Minimizar los niveles de inventario sin correr riesgos de tener agotados, incrementar el nivel servicio, aumentar la rotación, entre otros, son necesidades que tienen las compañías para poder ser competitivas en el mercado.

El gran dilema que tienen las empresas es como mantener niveles de inventario que protejan las ventas y el costo por inventarios simultáneamente.

Se presenta para esto una solución mediante el uso de conceptos de la Teoría de Restricciones, para lo cual se utiliza el *Software Symphony* de *Inherent Simplicity* que permite simular el desempeño que tendría la empresa en caso de que decidiera implementar la Teoría de Restricciones y lo compara con el resultado real de la empresa un periodo de tiempo determinado.

La empresa en la que se aplica la metodología es una empresa de manufactura del sector real, con un gran recorrido a lo largo del tiempo.

Se analiza la situación actual de la empresa, indicadores como el nivel de inventario, el nivel de servicio y la rotación, además se identifica la causa raíz y los paradigmas que hacen que estos indicadores no estén en el nivel deseado.

Con ayuda de la empresa, se recolecta la información para hacer la simulación y se hace un análisis de los resultados obtenidos comparando la situación actual con los resultados arrojados por la simulación.

Finalmente se desarrolla un plan de acción para la empresa, con un cronograma que le permitiría implementar los conceptos desarrollados durante todo el documento.

El desarrollo del documento es con el fin de entender el impacto que tiene la Teoría de Restricciones en el manejo de la cadena de suministro de la empresa y descubrir que es una excelente opción que logra un equilibrio entre niveles de inventario, disponibilidad y costos, debido a que esta soluciona los problemas de la cadena de suministro de raíz.

Palabras clave: Cadena de suministro, Teoría de Restricciones (TOC), *Symphony*.

ABSTRACT

Minimize inventory levels without any supply risk, improve the service level, increase the inventory turns, and others, are the principal needs that nowadays companies have to stay competitive in the market.

The big dilemma that companies have is how to maintain inventory levels that could protect sales and inventory cost simultaneously.

A solution is presented, by using concepts of the Theory of Constraints, for which the Software Symphony of Inherent Simplicity is used to simulate the performance that the company would have if it decided to implement the Theory of Constraints, and compares it with the actual outcome of the company in a determined period of time.

The company in which the methodology was applied is a manufacturing company in the real sector, with a great track through time.

The current situation of the company is analyzed as well as indicators such as level of inventory, service levels and inventory turnover, and identifies the root cause and paradigms that put these indicators out of the desired level.

With the company's help, the information was collected to do the simulation and the analysis was done, then it was compared with the current situation and the results obtained by the simulation.

Finally an action plan for the company was addressed, with a schedule that would allow them to implement the concepts developed throughout the document.

The development of this document is to understand the impact of the Theory of Constraints in the management of the supply chain in a company and discovers that it is an excellent option that achieves a balance between inventory levels, availability and costs, as it root solves the problems of the supply chain.

Key words: Supply Chain, Theory of constraints (TOC), *Symphony*

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de las empresas se encuentran en la búsqueda constante de mejorar sus procesos, consideran que para ser competitivas, deben lograr una mejora constante y llevar sus procesos al máximo nivel. En empresas de manufactura y distribución, la necesidad principal es lograr una buena rotación de inventarios y un alto nivel de disponibilidad de producto terminado, ya que el buen desempeño de estas medidas se ve reflejado en un buen servicio, flujo de caja y un nivel apropiado de inventario, es por esto que lograrlo se convierte en el reto diario.

Existen diversas metodologías que desarrollan soluciones para este tipo de situaciones, lo cual pone a las empresas en el dilema de cual es la metodología apropiada y cual debe implementar.

Teoría de Restricciones es una de las metodologías que cuenta con soluciones para ambientes de manufactura y distribución, fue desarrollada por Eliyahu M. Goldratt.

Para tener una visión previa a la implementación de la metodología, *Simple Solutions* cuenta con un *Software* conocido como *Symphony*, el cual simula el comportamiento de la empresa en caso de aplicar Teoría de Restricciones en sus procesos. De esta manera la empresa pueden dimensionar el impacto que tendría Teoría de Restricciones y tomar la decisión de aplicarla o no.

El caso que se desarrollará a lo largo del documento es un caso de *Simple Solutions* donde se realizará una simulación en una empresa del sector real, la cual tiene algunos problemas de disponibilidad y excesos de inventario.

Se parte de un análisis de la situación actual de la empresa, para luego recopilar los datos necesarios y realizar la simulación. Luego se procede a presentar los resultados de la solución con un análisis detallado de los mismos y sugiriendo un plan de acción específico para la empresa.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Contexto y caracterización del problema

La razón de ser de cualquier empresa es generar valor, para esto es necesario que las expectativas del cliente sean satisfechas en el momento oportuno. Las empresas se ven obligadas a mantener inventarios, cuando el tiempo de tolerancia del cliente es menor que el tiempo de entrega del proveedor (proveedor externo o una planta de la misma empresa).

En el momento de gestionar los inventarios, el objetivo principal es tener el inventario adecuado en el sitio y el momento correcto, sin afectar el flujo de caja debido a los altos niveles de inventario. Las empresas buscan cumplir este objetivo pronosticando la demanda con modelos robustos, sin embargo, como es imposible predecir la demanda con precisión, es común encontrar que se generan excesos de inventario de algunos productos y agotados de otros.

Los excesos y agotados generan grandes consecuencias para las compañías. Los excesos, generan altos inventarios o inversiones (iliquidez) en la empresa, muchos descuentos a los clientes, para vender con mayor facilidad los excesos de productos, espacio insuficiente en bodegas y centros de almacenamiento y productos obsoletos. Por el contrario, los agotados generan ventas perdidas, clientes insatisfechos o perdidos, urgencias en la cadena de suministro y una alta presión para incrementar el inventario actual. En conclusión, los excesos y agotados generan consecuencias que se resumen en altos costos para la compañía.

Se quiere llegar a un punto en el cual haya una correcta administración de los inventarios, es decir encontrar el punto ideal, donde haya suficiente inventario para proteger las ventas al mismo tiempo que se controlan los costos y garantizar un buen flujo de caja.

Teoría de Restricciones (TOC: *Theory of constraints*) es una metodología de trabajo que permite gestionar y direccionar la toma de decisiones en una empresa. A partir de esto se han logrado resultados financieros impactantes en las empresas que lo aplican. Fue desarrollada por Eliyahu Goldratt, un físico israelí que aplicó métodos científicos a la administración de las empresas con muy buenos resultados.

Será usado un modelo de simulación de *Inherent Simplicity* llamado *Symphony*, un *Software* que permite administrar los inventarios de las cadenas de suministro, de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

acuerdo a los conceptos de la Teoría de Restricciones. De esta manera se podría demostrar el potencial de mejora que se tiene con la aplicación de estos conceptos.

Symphony es una plataforma líder para la implementación de las soluciones de compras, operaciones y distribución de TOC. Equipado con las soluciones listas para usarse, *Symphony* es capaz de usar el conocimiento de TOC para reducir los tiempos de entrega, optimizar los niveles de inventarios, mejorar los niveles de servicio, etc., todo con un objetivo claro en mente: llevar a la empresa a alcanzar niveles de servicio sin precedentes, que en últimas, ayudarán a aumentar notablemente el nivel de utilidades. (Inherent Simplicity).

Por razones de confidencialidad de la empresa, no se mencionará su nombre en el desarrollo de este proyecto, sin embargo al hacer referencia a ella se mencionara “La empresa”.

1.1.2 Formulación del problema

La Empresa tiene en su cadena de suministro, problemas de excesos y agotados, específicamente en los centros de distribución. Pero, ¿cómo es posible lograr un equilibrio en el inventario, que proteja las ventas y prevenga los excesos simultáneamente?

Para esto se propone el uso de la Teoría de Restricciones, aplicada a la distribución en la cadena de suministro. Esta teoría presenta una solución para entornos de manufactura y distribución, que permite obtener resultados significativos con poca inversión y en corto tiempo.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Aplicar el *Software Symphony* de *Inherent Simplicity* en el proceso de distribución de una empresa del sector real, respecto a la rotación de inventarios y nivel de disponibilidad.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de la situación actual de la empresa respecto a la gestión de sus inventarios en la cadena de suministro.
- Recopilar los datos necesarios y simular con *Symphony* aplicando los conceptos de la Teoría de Restricciones para la administración de los inventarios.
- Analizar los resultados de la simulación, de manera que permita comparar los resultados arrojados por el modelo, contra el desempeño real de la empresa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Determinar un plan de acción para la empresa, que permita implementar los conceptos utilizados en la simulación.

1.3 MARCO TEÓRICO

“La Teoría de Restricciones (TOC por sus siglas en inglés) es una filosofía administrativa integral que utiliza los métodos usados por las ciencias puras para comprender y gestionar los sistemas con base humana, entendiendo métodos como la unión del método científico y el sentido común con el objetivo de mantener una mejora continua en los procesos” (Goldratt, Critical Chain, 1997)

Teoría de restricciones, surgió inicialmente como respuesta a problemas en el área de manufactura, cambiando conceptos y paradigmas en las empresas con respecto a costos, algunos indicadores, eficiencias locales, tamaños mínimos de lote, etc, para luego extenderse generando soluciones para otras áreas como finanzas, distribución y proyectos.

Esta teoría propone establecer nuevos indicadores que permitan garantizar el buen desempeño de la organización y medir su rendimiento, estos son:

- Trúput: Velocidad con la cual el sistema alcanza su objetivo (generar dinero) o la velocidad en la que cada organización a través de sus ventas genera dinero.
- Gastos operativos: Son todos los gastos que tiene la empresa, en el proceso de fabricación de sus productos.
- Inversión: Es el dinero que está atado a la organización.

El Trúput es el indicador mas importante, ya que es el que mide la velocidad con la cual el sistema genera dinero a la organización a través de las ventas, sin embargo existen restricciones de la organización que limitan o disminuyen el Trúput, por lo tanto si se desea aumentar el Trúput es necesario atacar dichas restricciones.

Teoría de Restricciones propone un proceso, en el cual ataca las restricciones del sistema, para encontrar mayores oportunidades de crecimiento, ya que las mejoras en la restricción, se ven reflejada en todo el sistema.

1.3.1 Conceptos básicos

- **Identificar la restricción del sistema (Cuello de botella)**

Determinar qué limita el sistema, qué es lo que no permite que el sistema genere mas tróput. Ejemplos: Que la demanda de las partes fabricadas por una máquina, sea mayor a

su capacidad; una zona o persona con cargas excesivas de trabajo y como resultado el no cumplimiento de los plazos de entrega, entre otros.

- **Explotar la restricción del sistema**

Después de identificar el cuello de botella, es necesario hacer mejoras que permitan aprovechar al máximo la capacidad de la restricción. Ejemplo: Se debe asegurar que se usa la restricción el 100% del tiempo, mediante inspecciones de calidad en las operaciones precedentes a la restricción para reducir reprocesos en la restricción, además se debe tener inventarios en proceso justo antes de la operación restricción que eviten paros por falta de producto. Es importante tener en cuenta que el cuello de botella dicta el ritmo productivo de la empresa.

- **Subordinar todo a la restricción**

Todas las operaciones o procesos no restricción, se deben subordinar al cuello de botella, buscando que todos los elementos del sistema vayan al ritmo de la restricción, para no generar mayor cantidad de inventario en proceso del necesario. Además se debe garantizar que las operaciones o procesos no restricción siempre suministren a tiempo todo lo que la restricción necesita.

- **Elevar la restricción del sistema**

Este paso generalmente requiere inversión de dinero, ya que luego de tener sincronizado el sistema, y en caso de querer aumentar la capacidad de la producción, se debe aumentar la capacidad de la restricción, para lo cual es necesario comprar nueva maquinaria, incrementar turnos, trabajar horas extras o hacer mejoras a nivel tecnológico.

- **Volver al paso uno evitando la inercia**

Este paso consiste en revisar si al elevar la restricción, surgió una nueva restricción, de ser así, es necesario modificarlas políticas y decisiones que se tomaron para que se adapten a la nueva restricción.

Existen dos tipos de ambientes de producción, MTO y MTS. MTO (*Make to order*), es un ambiente donde se reciben los pedidos del cliente y la empresa comienza su fabricación, los clientes están dispuestos a esperar por su pedido, mientras MTS (*Make to stock*) es un ambiente donde la producción se hace con base a una demanda incierta y cambiante y donde los clientes no están dispuestos a esperar por su pedido, por lo tanto se deben mantener ciertos niveles de inventario.

1.3.2 TOC Aplicado a Distribución

TOC también puede ser aplicado a ambientes de distribución, donde su principal objetivo es entender cuanto inventario se debe tener y como administrarlo de manera que permita cuidar las ventas y controlar excesos simultáneamente.

Para entender el nivel de inventario adecuado, es importante conocer las variables de las cuales depende el nivel de inventario:

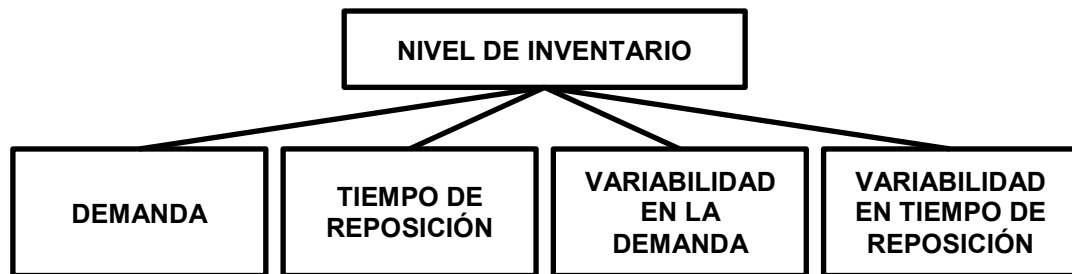


Figura 1 Nivel de Inventario (Simple Solutions)

De las cuatro variables, la variable más crítica es el tiempo de reposición, debido a que incide directamente en las demás variables.

Si el tiempo de reposición es largo, por ejemplo: dos meses, pueden ocurrir gran cantidad de factores internos o externos a la empresa (economía, mercado, competencia, etc) que afectan la demanda y su variabilidad. En otras palabras, la demanda y su variabilidad son más predecibles a corto plazo (Pedidos para la próxima semana), que a largo plazo (Pedidos para dentro de dos meses).

Con el tiempo de reposición ocurre algo similar, cuando el tiempo de reposición es largo, su variabilidad es mas alta porque pueden ocurrir muchas cosas. Por ejemplo, se puede observar mayor estabilidad en el tiempo de reposición cuando la planta despacha cada dos semanas, ya que hay mayor certeza de que estos despachos llegarán con esta frecuencia, sin embargo si la planta despachara un camión cada dos meses, pueden ocurrir muchas cosas del medio exterior a la empresa, en las cuales no tiene el control, que generan una alta variabilidad en el tiempo de reposición y generar problemas en el proceso productivo, logísticos, etc.

Si el tiempo de reposición es tan importante, ¿Cómo es entonces una gráfica de inventario versus el tiempo de reposición? Según análisis realizados por *Simple Solutions*, lo que se encontró en la práctica es que la gráfica se comporta de la siguiente manera:



Figura 2 Inventario vs Tiempo de Reposición (Simple Solutions)

El inventario crece exponencialmente a medida que crece el tiempo de reposición. Debido a este impacto, el principal enfoque de TOC es reducir el tiempo de reposición al máximo.

Entonces, para reducir el tiempo de reposición, es necesario entender de qué está compuesto:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de reposición} = \\ \text{Tiempo de producción} + \text{Tiempo de pedido} + \text{Tiempo de Transporte} \end{aligned}$$

- **Tiempo de pedido:** Tiempo que transcurre desde el momento en que una unidad se consume hasta que se hace el pedido para reponerla. Es la frecuencia con la que se realizan pedidos a la planta o al eslabón anterior a la cadena.
- **Tiempo de producción:** Tiempo que transcurre desde que se recibe el pedido hasta que es entregado.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de Producción} \\ = \text{Tiempo Neto de Producción} \\ + \text{Tiempo de Fila (Piso de producción)} \end{aligned}$$

- **Tiempo de Transporte:** Tiempo desde que es terminado el pedido en la planta de producción, se transporta y llega a su destino final. Es el tiempo que toma consolidar pedidos para aprovechar al máximo el espacio en el medio de transporte y el tiempo de transporte.

Entonces, una gráfica de inventario con respecto al tiempo se comporta de la siguiente manera:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

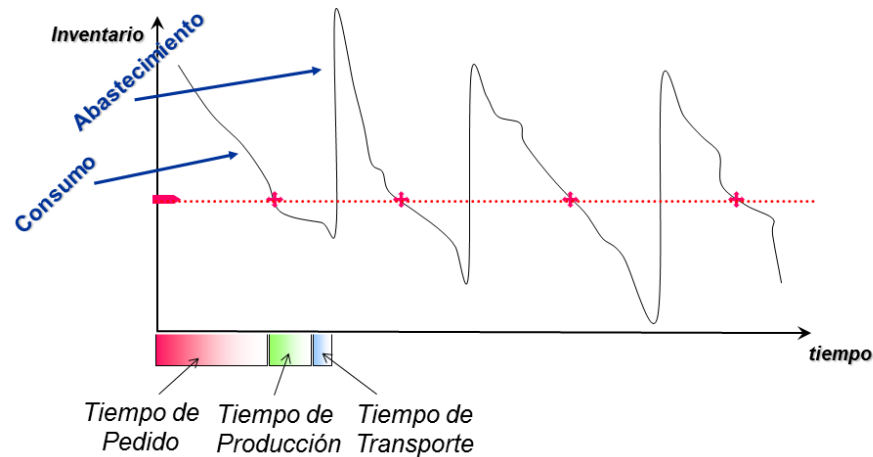


Figura 3 Inventario con Respecto al Tiempo 1 (Simple Solutions)

Normalmente en las empresas, el tiempo de reposición es innecesariamente largo por el paradigma de las eficiencias locales lo que las obliga a trabajar con lotes demasiado grandes.

- **Tiempo de Pedido:** Es común encontrar que las empresas realizan pedidos con una baja frecuencia a su planta de producción. En otras palabras, hacen un lote de una semana o un mes para pedir de una vez todo lo necesario para este lapso de tiempo. Si es claro que es importante disminuir el tiempo de reposición por qué no hacer pedidos con una mayor frecuencia? Por ejemplo: diariamente. Normalmente las respuestas van a estar relacionadas con la operatividad que esto implicaría, pero están desconociendo el hecho de que gracias a la tecnología, se podrían hacer pedidos diariamente sin generar incrementos significativos en la operatividad.
- **Tiempo de Producción:** Buscando una máxima utilización de los recursos, las empresas tratan de hacer lotes de producción lo más grandes posible, para evitar los tiempos perdidos en los cambios de referencia. Mientras más grande sea el lote de producción, más largo será el tiempo de producción ya que la frecuencia con la que se produce un artículo va a ser menor (con lotes pequeños podría producir un mismo artículo cada 5 o 7 días, con lotes grandes podría producir un mismo artículo cada 20 o 30 días). Lo paradójico de esta práctica es que normalmente estos recursos no son cuellos de botella; por el contrario, tienen más que suficiente capacidad para atender la demanda del mercado. Si la capacidad es más que suficiente, ¿de qué me sirve ser eficiente en este recurso si no necesito que trabaje el 100% del tiempo?

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Tiempo de Transporte:** Para lograr un costo unitario bajo en el transporte, es común encontrar que se trata de usar medios de transporte de gran volumen buscando economías de escala. Si se compara la opción de transportar en un camión con la opción de transportar en una tracto mula, es claro que transportar en una tracto mula puede ser más económico si se mira el costo unitario. Pero lo que las empresas normalmente desconocen, es que al transportar en una tracto mula estoy obligando al sistema a que haga despachos con una menor frecuencia, lo cual alarga este Tiempo de Transporte. ¿Si es tan significativo el ahorro en transporte, si se tiene en cuenta que pierdo capacidad de respuesta y además debo tener mayores inventarios para atender la demanda?

Si se retan estos 3 paradigmas que incrementan el tiempo de reposición, se ha demostrado que es posible disminuirlo drásticamente. ¿Que pasaría entonces con el nivel de inventario si se logra un menor tiempo de reposición?

Se comportaría de la siguiente manera:

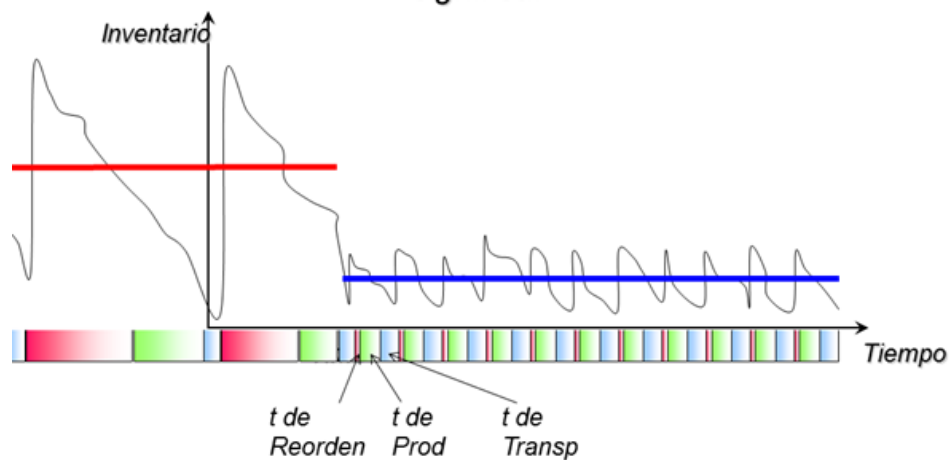


Figura 4 Inventario con Respecto al Tiempo 2 (Simple Solutions)

Se logra un menor nivel de inventario promedio (línea roja y línea azul) al mismo tiempo que se aumenta la disponibilidad. ¿Por qué se aumenta la disponibilidad? Hay dos factores importantes:

- **Se mejora la precisión del pronóstico:** Cuando se trata de predecir una variable, es más preciso hacerlo si el tiempo es más corto. Por ejemplo: es más fácil predecir a cuánto va a cerrar la TRM de mañana, que tratar de predecir a cuánto va a cerrar la TRM dentro de un mes.
- **Se aumenta la capacidad de respuesta:** Como la frecuencia de reposición aumenta, los procesos logran reaccionar mucho más rápido cuando hay una

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

variación grande en la demanda. Cuando el tiempo de reposición es largo y la demanda empieza a aumentar o disminuir; las acciones que se lleven a cabo se reflejarán dentro de mucho tiempo. En cambio cuando el tiempo de reposición es corto y la demanda empieza a aumentar y disminuir, las acciones que se llevan a cabo se reflejarán rápidamente.

En conclusión un menor tiempo de reposición significa:

- Mayor agilidad a los cambios en la demanda evitando agotados.
- Menos inventario, reduciendo el riesgo de obsolescencia, descuentos, alta inversión, etc.

Teniendo claro el problema, se presenta ahora a la solución:

- A.** Entonces, ¿Cómo asegurar un nivel de inventario que garantice buena disponibilidad, de manera que no se generen costos por excesos de inventario o agotados, sabiendo que el cliente no está dispuesto a esperar por su pedido?
- a.** Reducir al máximo el tiempo de reabastecimiento: Esto se logra con pedidos frecuentes a la planta, una producción constante de lotes más pequeños y despachos frecuentes al centro de distribución.
 - b.** Establecer un amortiguador para cada SKU (*Stock Keeping Unit*): Si el tiempo de reposición es una semana, la empresa debe tener inventario que cubra la demanda máxima de una semana. Adicionalmente se agrega una protección ya que en ocasiones puede haber problemas puntuales en el proceso que alarguen el tiempo de reposición. El amortiguador es como un nivel de inventario objetivo y se calcula así:

$$\begin{aligned} \text{Amortiguador} \\ &= \text{Demanda Máxima (Tiempo de Reabastecimiento)} * (1 \\ &\quad + \text{Factor de Protección}) \end{aligned}$$

El amortiguador es la cantidad de unidades de cada SKU que cubre la demanda durante el tiempo de reabastecimiento más un factor de protección. El factor de protección es calculado según la confiabilidad de la planta, la calidad de las materias primas, la confiabilidad de los proveedores, etc. Lo más común es usar factores de protección entre el 20 y el 100%.

Ejemplo 1

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se tiene un SKU con una demanda máxima durante el tiempo de reposición de 100 unidades, el tiempo de reposición es de 5 días. El amortiguador, si el factor de protección es del 50% es:

$$\text{Amortiguador} = 100 \text{ Unidades} * (1 + 50\%) = 150 \text{ Unidades}$$

- c. Las órdenes de producción se deben colocar para los SKU con existencias en producto terminado (FP) y producto en proceso (WIP) inferiores al amortiguador

Si $FP + WIP < \text{Amortiguador}$ entonces poner orden de producción.

La reposición debe ser por consumo, es decir sólo se debe fabricar producto cuando es vendido y sólo la cantidad de unidades que fueron vendidas, con el fin de completar el amortiguador, las órdenes se deben colocar diariamente.

Continuando con el Ejemplo 1, si el inventario en producto terminado (FP) es de 80 unidades y el inventario en proceso (WIP) es de 40 unidades, se tiene un total de 120 unidades, entonces si el amortiguador es de 150 unidades, es claro que se debe liberar una orden de producción de 30 unidades.

- d. En ocasiones, el inventario de $FP + WIP$ es mayor al amortiguador, cuando esto sucede se deben congelar órdenes de producción para esos SKU, a pesar de que hayan ventas, hasta que el inventario llegue al nivel objetivo: Esto puede suceder cuando se disminuye el amortiguador o hay devoluciones de producto.

Ejemplo: Se tiene una SKU con un amortiguador de 200 unidades, y el inventario de FP es de 210 unidades, además se tiene un WIP de 40 unidades. Como el inventario $FP + WIP$ es mayor al amortiguador, se deben congelar las órdenes de producción correspondientes a las 40 unidades de WIP y aunque entren pedidos del SKU, se debe esperar hasta que el inventario esté por debajo del amortiguador.

- B. A pesar de que se libere de acuerdo al amortiguador, sigue siendo probable que se generen agotados si la planta no trabaja en función de la necesidad de disponibilidad. El caos en una empresa se da cuando hay muchas prioridades de tipo urgente, por lo tanto es necesario establecer un sistema de prioridades que permita identificar el nivel de priorización que tiene cada producto. El sistema de prioridades se establece de acuerdo al consumo porcentual de los amortiguadores.

Las prioridades pueden se pueden dar a nivel de SKU o de orden de producción. A nivel de SKU es para conocer el estado del amortiguador con respecto al inventario en sitio y con orden de producción es para establecer el sistema de prioridades de la planta de producción y entender que hacer cuando hay varios SKU que necesitan del mismo proceso o dependen de un solo recurso.

- a. Cuando se habla de las prioridades de la planta, el amortiguador se divide en cinco zonas: azul, verde, amarillo, rojo y negro. El color del amortiguador depende del consumo porcentual del mismo, si es menor a 0% el estado del amortiguador es azul, si es menor a 33% el estado es verde, si está entre 33% y 66% es amarillo, si está entre 66 y 100 % es rojo y si es mayor a 100% es negro.

Cuando el nivel de inventario es mayor al amortiguador, está en la zona azul, entonces se debe congelar la producción hasta que el inventario sea menor, cuando el inventario es menor al amortiguador, se debe producir para llevar los niveles de inventario al valor objetivo.

En cambio si no hay inventario disponible y ya se han generado agotados, el color es negro.

$$\% \text{ del Amortiguador} = 1 - \frac{\text{Inventario en sitio}}{\text{Amortiguador}}$$

Continuando con el Ejemplo 1, las zonas del amortiguador son:

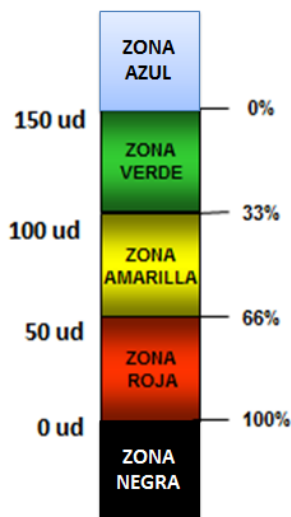


Figura 5 Zonas del Amortiguador. Adaptación (Simple Solutions)

Entonces para el Ejemplo 1, la prioridad es amarilla, ya que existen 80 unidades.

- b. Por otra parte cuando se habla de sistema de prioridades de las órdenes de producción (OP), se calcula de la siguiente manera:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$\% \text{ Amortiguador OP} = \frac{\text{Inventario en Sitio} + \text{WPI por delante}}{\text{Amortiguador}}$$

Ejemplo 2

Continuando con el Ejemplo 1, se coloca una orden de producción de 30 unidades, con 80 en FP mas las 40 unidades de WIP por delante de ella, entonces su prioridad en la planta es:

$$\% \text{Amortiguador} = 1 - \frac{(40 + 80)}{150} = 20\% (\text{Verde})$$

Ejemplo 3

La Figura 6 muestra las órdenes de producción para 2 SKU diferentes, los óvalos verdes representan recursos o máquinas de producción, los cuadros son órdenes de producción (OP)

Los amortiguadores son:

SKU 1: 100 unidades

SKU 2: 150 unidades

Y los estados de amortiguador en sitio son:

SKU 1: 20 unidades

SKU 2: 75 unidades

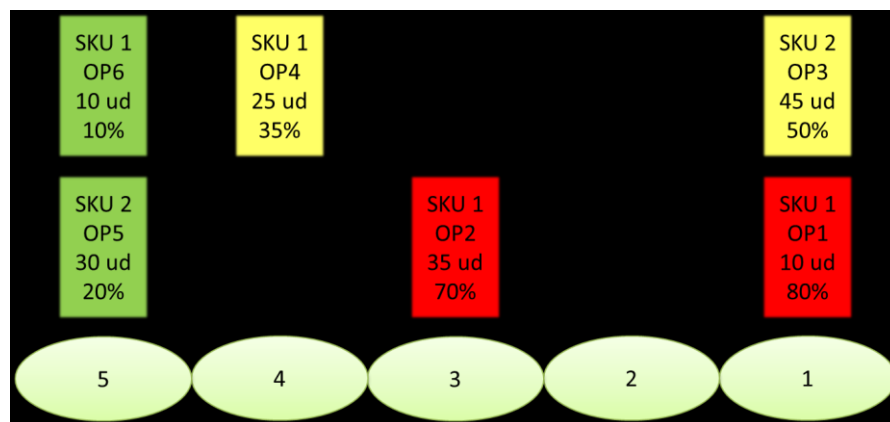


Figura 6 Sistema de prioridades

Entonces para calcular el estado de las órdenes de producción se utiliza la fórmula anterior:

- $\% \text{ Amort } OP1 = 1 - \frac{\text{Inventario en sitio (20 ud)} + \text{WPI por delante (0)}}{\text{Amortiguador (100 ud)}} = 80\%$
- $\% \text{ Amort } OP4 = 1 - \frac{\text{Inventario en sitio (20 ud)} + \text{WPI por delante (10+35)}}{\text{Amortiguador (100 ud)}} = 35\%$

Cada cuadro representa una orden de producción, los colores representan el estado del amortiguador.

- c. Para garantizar que se está trabajando con los estados reales de los amortiguadores, deben ser actualizados, por lo menos una vez al día.
 - d. Es muy importante que todos en las empresas trabajen por un objetivo común, con reglas y prioridades claras, por lo tanto se debe asegurar que las prioridades son respetadas por todos, si esto no se cumple se puede generar caos en la planta por la aparición de urgencias.
- C. La demanda cambia con el tiempo, por lo tanto es necesario ajustar los amortiguadores y hacer un seguimiento con la mayor frecuencia posible (por lo menos una vez al día) para evitar nuevos excesos o agotados. Es importante tener en cuenta que la demanda cambia con el tiempo. Existen varios factores que garantizan que los amortiguadores están en el nivel adecuado y no generarán ni agotados ni excesos:
- a. Un amortiguador que permanece mucho tiempo en rojo indica que se debe incrementar para no poner en riesgo la disponibilidad ante los clientes. El incremento propuesto por la teoría es de 33%. Ver el siguiente ejemplo gráfico.

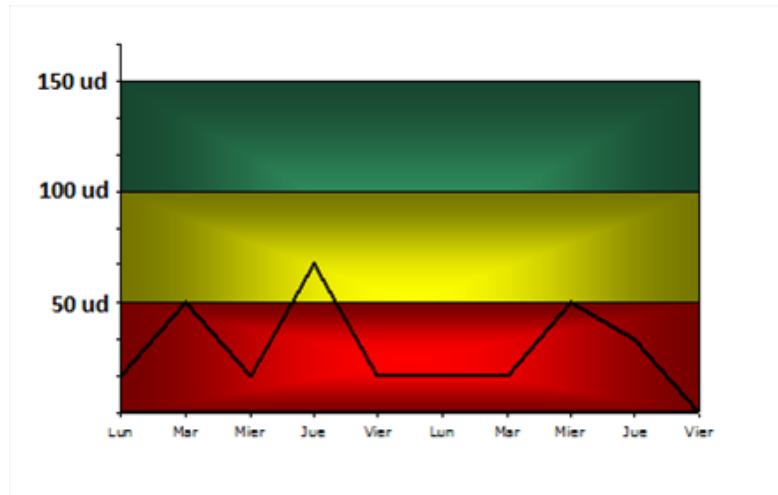


Figura 7 Gráfico Mucho Rojo (Simple Solutions)

- b. Por el contrario cuando el amortiguador permanece mucho tiempo en verde, se debe reducir un 33% ya que indica que se está manteniendo más inventario del necesario. Ver el siguiente ejemplo gráfico.

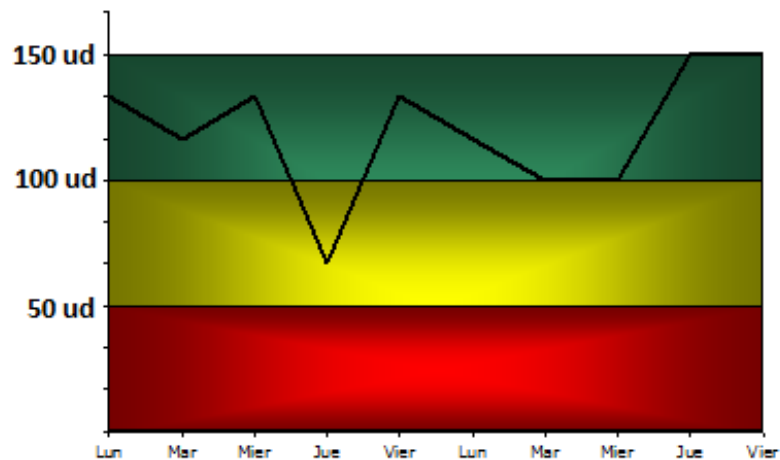


Figura 8 Gráfico Mucho Verde (Simple Solutions)

- c. Después de hacer los ajustes, se debe esperar un tiempo prudente para retomar el monitoreo, ya que, después de ajustar un amortiguador, el resultado en el nivel de inventario de producto terminado se refleja aproximadamente un tiempo de reposición después, por lo tanto, se debe esperar este tiempo para retomar el monitoreo del ajuste de amortiguadores y evaluar si es necesario cambiarlo

nuevamente o si por el contrario, el ajuste fue suficiente para alinear el amortiguador con la demanda.

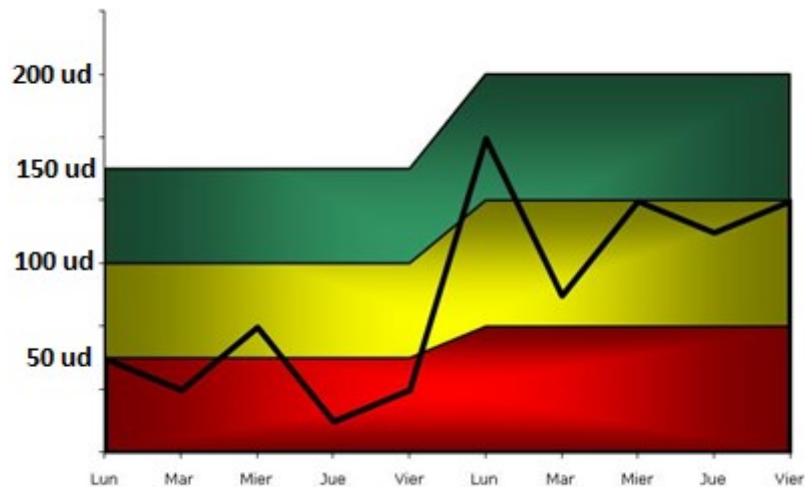


Figura 9 Ajuste de Amortiguadores (Simple Solutions)

- D.** Después de la implementación de la metodología es necesario establecer un sistema de indicadores que permitan medir el desempeño de la empresa, es importante tenerlo en cuenta ya que el personal de las empresas se comportan de acuerdo a como se les mida y algunos de los indicadores actuales generan comportamientos indeseables, ponen en conflicto a algunas áreas de la compañía y no miden el verdadero impacto sobre el resultado final del sistema. Por lo tanto, si se desea que todas las áreas de la empresa estén alineadas con el resultado global de la compañía, el nuevo sistema de indicadores debe buscar la eficiencia global del sistema, aunque esto implique, en algunos casos, ineficiencias locales.

Uno de estos indicadores es el TVD (*Trúput value days* o dinero generado en días) y se calcula diariamente como la sumatoria del consumo promedio diario de las referencias agotadas multiplicado por el tróput, y representa lo que deja de recibir la compañía por haber dejado agotar un SKU.

Continuando con el Ejemplo 1, la demanda diaria promedio es de 20 unidades, y la ganancia neta es \$ 2000 por SKU. Si el SKU se agota por 10 días, el TVD diario es:

$$TVD = 20 \text{ Unidades} * \$ 2000 = \$ 40000$$

Esto indica que cada día que esté agotado este SKU castigará el indicador en \$40.000, por lo tanto, si se agota durante 10 días, el TVD acumulado se podría calcular al multiplicar $\$40.000 * 10$, es decir \$400.000.

1.3.3 *Symphony de Inherent Simplicity*

Symphony es el software de simulación que soporta las soluciones de teoría de restricciones para compras, distribución y operaciones: En el caso de la empresa, usaremos las soluciones generadas para la administración de la cadena de suministro.

○ **La herramienta consiste en:**

Symphony, fue creado por *Inherent Simplicity*, es una solución de negocio que ayuda a las organizaciones a mantener una ventaja competitiva, basada en mejoras logísticas que se logran a través del *Software* y las propuestas que genera después de la simulación.

Desde el 2012, *Inherent Simplicity*, hace parte del grupo de Goldratt, ya que fue adquirido por el Doctor Eli Goldratt.

Inherent Simplicity tiene 3 dimensiones, las cuales usa para posicionarse como una compañía que proporciona soluciones a las organizaciones, de manera que proveen la oportunidad de alcanzar una ventaja competitiva:

- La cantidad de conocimiento: Utiliza conceptos formados por módulos logísticos y usando el sentido común.
- Proceso: Se introducen a las empresas al proceso de trabajo, para lograr introducir los conceptos a la realidad.
- La herramienta: Se utiliza el *software* para mostrar la solución previamente y como los resultados mejoran los procesos.

○ **Simulaciones con *Symphony***

El simulador, simula ambientes de distribución basado en principios de TOC. Se usa para entender el efecto de trabajar con administración de amortiguadores en ambientes específicos y en las diferentes bodegas. El modelo mas básico de simulación requiere de 2 ubicaciones del inventario, donde la primera ubicación es la bodega que supe las demás (Bodega de origen) y el simulador supone inventario ilimitado y la segunda ubicación es suplida por la primera (Bodega Distribuidora). Además puede haber muchas más ubicaciones y bodegas.

El *Software* trabaja con el modelo de distribución *pull* (*Pull Distribution*), el cual, a diferencia del modelo de distribución *push* (*Push Distribution*), se basa en la demanda real del producto para producir solo lo que se está vendiendo o para completar

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

amortiguadores de inventario, mientras la distribución *push*, está basada en pronósticos, por lo tanto produce y luego empuja el inventario hacia los clientes para vender lo que está producido.

El modelo en *Symphony* es conducido por el consumo real de la empresa durante los 6 meses analizados en la bodega. Para comparar los resultados de TOC con la realidad se crean dos bodegas, la simulada y la de referencia, además una bodega origen que es la bodega inicial.

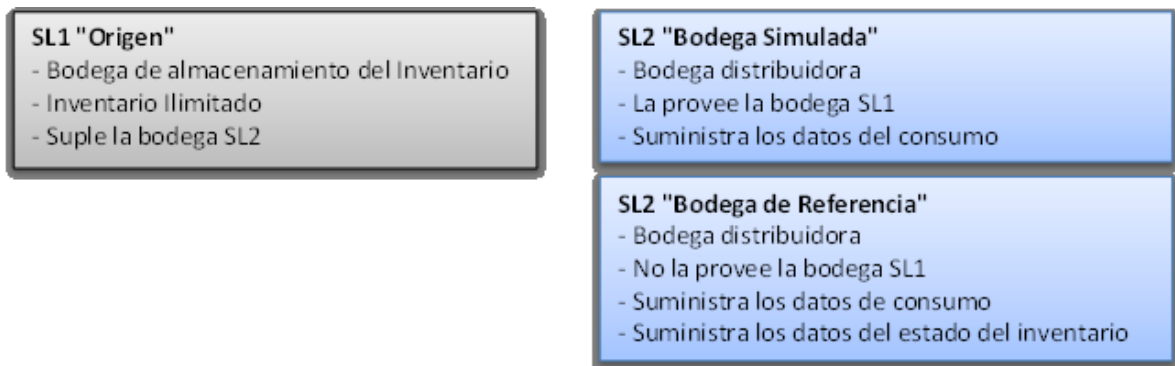


Figura 10 Bodegas. Adaptación (Simplicity)

- Bodega Origen (SL1): Es la ubicación inicial de almacenamiento del inventario, en este caso representada por la planta de producción, para efectos de la simulación se supone una capacidad ilimitada para suministrar la bodega simulada, en el numeral 3.1.2, ítem Análisis de capacidad, se mostrará como la planta tiene capacidad mayor a la demandada. Esta bodega no suministra la bodega referencia, ya que esta muestra el comportamiento de la empresa en la realidad.
- Bodega Referencia (SL2 "Bodega Referencia"): Muestra el comportamiento real de la empresa, esta bodega suministra los productos a los clientes, mas no la provee la bodega de origen, ya que muestra exactamente lo que sucedió en la realidad.
- Bodega Simulada (SL2 "Bodega Simulada"): Muestra el comportamiento de la empresa, usando los principios de TOC, teniendo en cuenta los consumos reales, es suministrada por la bodega de origen y suministra los productos a los clientes.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto, se seguirán tres pasos claves de los procesos de pensamiento como herramienta para vencer los niveles de resistencia al cambio: “Qué cambiar”, “Hacia qué cambiar” y “Como inducir el cambio”.

¿Qué Cambiar? Analizar las prácticas comunes de la Empresa y los efectos que están teniendo en los distintos indicadores que miden la gestión de los inventarios.

¿Hacia qué cambiar? Ilustrar con una simulación que existe una solución práctica a los problemas que están teniendo en su cadena de suministro.

¿Cómo inducir el cambio? Entregar un plan de implementación que demuestre que la solución es viable aplicarla.

A continuación se describirá, el procedimiento detallado que se va a seguir para el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos, sin salir de la metodología definida.

¿QUÉ CAMBIAR?

- I. Realizar un análisis de la situación actual de la empresa, respecto a la gestión de sus inventarios en la cadena de suministro.
 - i. Estudiar y evaluar la situación real de la empresa, teniendo como base la información directa de la empresa, apoyándose en los sistemas de información que esta maneja y en las personas expertas en cada uno de los procesos.
 - ii. En el análisis se recopilan datos básicos como niveles de inventario, nivel de servicio y ventas, para hacer una comparación y entender cual es la rotación y que tan adecuados son los inventarios teniendo en cuenta el *lead time* de la empresa.

¿HACIA QUÉ CAMBIAR?

- II. Recopilar los datos necesarios y simular con *Symphony*, aplicando los conceptos de la Teoría de Restricciones para la administración de los inventarios.
 - i. Hacer un listado de los datos e información necesarios: Se debe hacer un listado de datos e información necesarios para la simulación, para esto se debe entender como es el manejo de *Symphony*, utilizando el manual del usuario, y así darse

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

cuenta de los datos específicos que son necesarios para el desarrollo del proyecto.

- ii. Dar a conocer a la Empresa los datos que son necesarios, para que ellos se encarguen de extraerlos de sus historiales o permitan el acceso a la información. Se debe tener en cuenta que algunos datos deben ser modificados a un formato que cumpla con los requisitos de *Symphony*.
 - iii. Organizar datos e información de acuerdo a lo requerido por *Symphony*: Se organizan los datos de manera que al momento de ingresarlos a *Symphony* se simplifique el proceso.
 - iv. Ingresar los datos recopilados a *Symphony* siguiendo los parámetros para el ingreso de la información.
 - v. Modelar los datos ingresados en *Symphony*, usando los conceptos de Teoría de Restricciones para la administración de inventarios.
 - vi. Después de la simulación, *Symphony* genera los resultados de como habría funcionado la empresa aplicando los conceptos de Teoría de restricciones.
- III. Analizar los resultados de la simulación, de manera que permita comparar los resultados arrojados por el modelo, contra el desempeño real de la empresa.
- i. Extraer los resultados de la simulación: Se deben extraer los reportes y los gráficos que arroja *Symphony* como resultado de la simulación, que sean necesarios para analizar los resultados.
 - ii. Analizar los resultados de la simulación: Se hace una comparación entre los diferentes amortiguadores, entendiendo si los resultados obtenidos con la simulación son superiores a los resultados reales que se obtuvieron en la empresa.

¿CÓMO INDUCIR EL CAMBIO?

- IV. Determinar un plan de acción para la empresa, que permita implementar los conceptos utilizados en la simulación.
- i. Sacar conclusiones de los resultados obtenidos: Se generan las conclusiones sobre cada uno de los cambios que se proponen y se muestran claramente las ventajas de la aplicación de este concepto a la Empresa.
 - ii. Plan de acción: Diseñar un plan de acción para la empresa, que le permitan implementar los conceptos utilizados, especificándole los pasos que debe aplicar en la distribución de su cadena de suministro.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. APLICACIÓN DEL SOFTWARE SYMPHONY DE INHERENT SIMPLICITY PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TEORÍA DE RESTRICCIONES A LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA DEL SECTOR REAL

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La empresa fabrica y distribuye sus productos a clientes mayoristas, por razones de confidencialidad los nombres de los productos no se mencionarán pero se hará referencia a ellos de manera numérica (Producto 1, Producto 3, Producto 8..., Producto n).

El proceso de distribución, comienza cuando se carga una demanda en los sistemas de la empresa, con base en pronósticos, con esta información la empresa calcula su capacidad para conocer la cantidad de producto que pueden producir teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos y la velocidad de trabajo de las máquinas. Se determina entonces el número de días de operación requeridos y la flexibilidad que podrían tener en caso de un aumento de demanda.

Los clientes por su lado, ingresan los pedidos diariamente según sus necesidades al sistema de la empresa, estos clientes son clientes mayoristas quienes se encargan de distribuir el producto a los clientes minoristas. Estos a su vez, pronostican las ventas del consumidor final, lo que genera mayor dificultad de conocer el verdadero comportamiento del mercado.

Luego, se programa la producción, teniendo como prioridades las referencias que se van a dejar de vender porque no hay inventario en la bodega, para no afectar el servicio al cliente. Mientras el producto que ya está disponible se empieza a distribuir a los clientes teniendo en cuenta el inventario disponible.

Sin embargo, la demanda pronosticada es un dato incierto, ya que puede variar según el comportamiento real del mercado; por lo cual los clientes ingresan nuevos pedidos en el transcurso del mes, superando la capacidad de reacción de la empresa y es aquí donde además de tener el riesgo de afectar el servicio al cliente, se toma la decisión de operar turnos extras, los cuales no son siempre suficientes para producir la demanda.

También existe otro escenario que es opuesto al presentado anteriormente y es el caso en el que después de haber puesto órdenes a la planta, la demanda resulta ser menor a la pronosticada. En este caso se generarán excesos de inventario lo cual afecta el flujo de caja y aumenta el riesgo de obsolescencia. Si las órdenes no se han producido aún y se detecta que la demanda va a ser mucho menor al pronóstico, se trata de cancelar órdenes

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

afectando los programas de producción y generando operatividad adicional a las personas encargadas.

La empresa se enfrenta al siguiente conflicto: altos niveles de inventario afectan el flujo de caja, y bajos niveles generar mayores riesgos en el servicio. La forma de resolverlo es entendiendo cuales modos de operación se deben modificar, para que un determinado nivel de inventario permita proteger las ventas, sin afectar significativamente el flujo de caja.

3.1.1 Medidas de desempeño de la empresa

Como se explicó anteriormente la empresa está obligada a mantener niveles de inventario que afectan el flujo de caja y sin embargo no son suficientes para lograr un servicio al cliente del 100% ya que continúa teniendo ventas perdidas. A continuación se explicará a detalle la situación de la empresa con respecto al nivel de inventario, servicio y rotación del inventario.

○ Nivel de inventario

Bajar los niveles de inventario se convierte en el día a día de la empresa, para lograrlo, uno de los retos constantes de la compañía es hacer coincidir la demanda y la oferta de manera que los productos requeridos por el cliente estén justo en el momento que los requiera. En la Figura 11 se observa el comportamiento de los inventarios en días, el promedio en los 6 meses observados fue de 9.65 días.

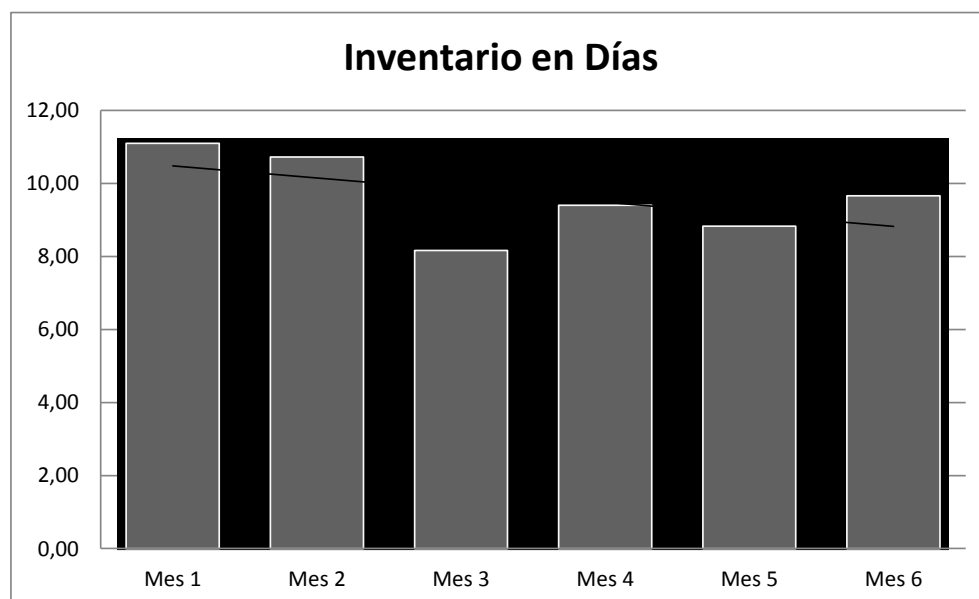


Figura 11 Inventario en Días

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Adicionalmente, en la Figura 11 se observa la tendencia de reducción de inventario que ha tenido la empresa durante estos 6 meses y como la necesidad de reducir inventarios se convierte en realidad a lo largo del tiempo. Sin embargo algunos incrementos en las ventas hacen que el nivel de inventario aumente, debido a que requiere de mayor inventario para proteger el incremento de ventas.

Bajar los niveles de inventario para la empresa representó un mejor flujo de caja, y un menor nivel de inventario innecesario. El problema es que el cumplimiento a los clientes se vio afectado en algunos casos como se muestra en la Figura 12. Una muestra de esto es que en el mes 5, el cual tuvo el menor desempeño en servicio, era uno de los meses con un menor inventario. Adicionalmente según el comportamiento de la Figura 11 el inventario tiene una tendencia decreciente, sin embargo esto no quiere decir que la tendencia se conserve en el tiempo, porque al buscar satisfacer al cliente en un valor cercano al 100%, los inventarios tendrán que incrementarse nuevamente.

Entonces bajar el nivel de inventario no necesariamente representa una buena decisión para la empresa, esto implica poner en riesgo las ventas. Lo importante sería lograr el nivel de inventario adecuado que permita cuidar las ventas y el flujo de caja.

○ **Nivel de servicio**

Un mal nivel de servicio, trae graves consecuencias para la empresa, algunas reversibles y otras que simplemente quedan para toda la vida.

Una de ellas es dejar de recibir ganancias atribuidas a los productos agotados, los cuales eran una necesidad momentánea de cada cliente, lo cual no es recuperable, debido a que la gran variedad de oferta que hay en el mercado y como consecuencia el cliente compra otro artículo o marca diferente al ofrecido por la empresa. Es aquí cuando la empresa cede sus ganancias potenciales a otras compañías. Para el caso de la empresa, el nivel de servicio promedio fue de 94.4% para los seis meses estudiados, como se observa en la Figura 12. Estos valores a pesar de ser buenos en comparación a otras empresas del sector, significan una porción significativa de pedidos incumplidos (5.6%) que pueden generar agotados en los puntos de venta y por ende existir la posibilidad de que los clientes finales caigan en manos de la competencia. Además, la meta de la compañía está establecida en el 98% de nivel de servicio.

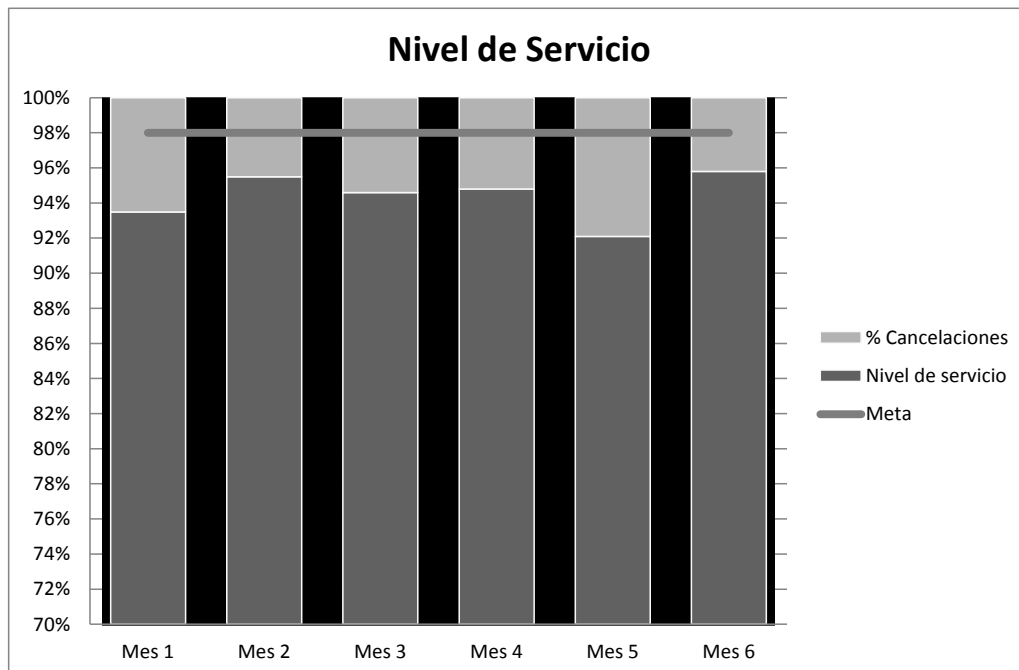


Figura 12 Nivel de servicio

Otra consecuencia se ve reflejada en las compras posteriores a la venta perdida, donde se pueden presentar varios escenarios, uno es que el cliente le compre a la competencia, otro es que ya no busque primero el producto que la empresa le ofrecía, que haya perdido la lealtad y le sea indiferente la marca o el producto.

Sin embargo no se puede conocer cual es el número exacto de pedidos que se ven afectados mensualmente en el consumidor final, ya que los clientes mayoristas podrían haber tenido inventario de algún SKU en el momento que la empresa no cumple con su pedido. El problema es que cada consumidor final que no encuentra el producto en los anaqueles significa un cliente insatisfecho y la insatisfacción puede llegar a todas las personas que le rodean.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de personas comunican a otros sus experiencias con determinados productos, si la experiencia fue satisfactoria las empresas tienen la oportunidad de atraer nuevos clientes, pero si es negativa, por el contrario se pierden clientes que nunca se darán la oportunidad de conocer el producto de la empresa. Es por esto que es tan importante la satisfacción de todos los clientes y cumplirles con lo básico que es la entrega del producto a tiempo.

Buen servicio, excelente calidad de productos, satisfacer el cliente y sorprenderlo son factores que influyen para conseguir la lealtad de un cliente. Esto es un proceso que

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

requiere de tiempo, pero perder la lealtad de estos requiere de segundos, solo basta con un servicio mal prestado o un producto no entregado.

La Teoría de restricciones busca llevar la empresa a resultados que no se han visto con anterioridad, lograr una meta de 98% en servicio. Llevar a la empresa a niveles de excelencia con el cliente, sin incurrir en excesos de inventarios y disminuyendo el caos en la empresa debido a urgencias.

○ **Rotación del Inventario**

La rotación del inventario (ITR) es la cantidad de veces que se mueve el inventario, mayor rotación refleja mayor velocidad para vender los productos y rapidez para reemplazar el inventario existente. A mayor rotación de inventario, menor tiempo de almacenamiento en bodegas de cada producto.

También se puede definir, como el número de veces que el inventario rota y se reemplaza nuevamente.

Ejemplo 4

El inventario promedio de una planta es de 100 unidades, y las ventas en el mes fueron 300 unidades;

$$\text{Rotación del Inventario} = \frac{\text{Ventas Mensuales}}{\text{Inventario}} = \frac{300}{100} = 3$$

Entonces el inventario rotó 3 veces y fue reemplazado 3 veces para conservar el nivel de inventario promedio.

Si las ventas crecen o permanecen constantes y hay reducción del inventario, la rotación aumenta y en la Figura 13 se observa que el trabajo realizado durante los 6 meses dio algunos frutos de incremento del nivel de rotación.

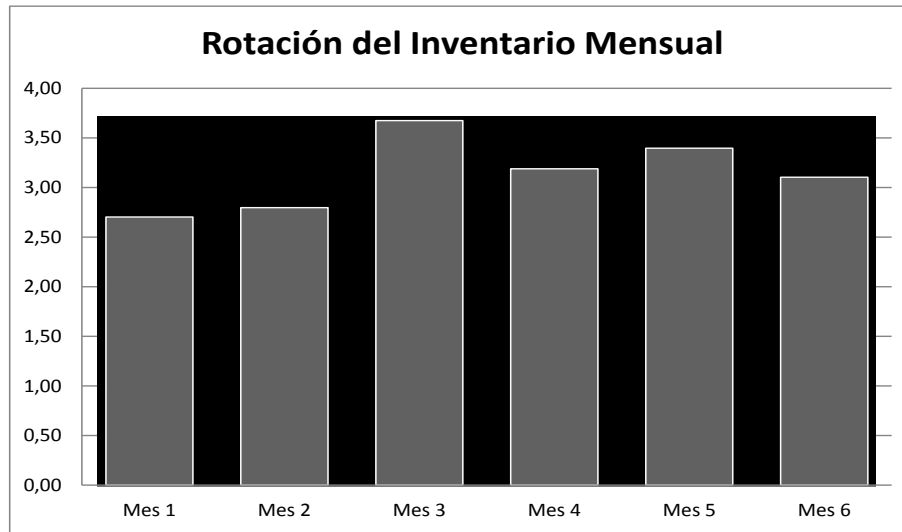


Figura 13 Rotación del Inventario Mensual

Es difícil definir un nivel de rotación ideal, sin embargo este valor depende del tiempo de reposición del proceso. Si el tiempo de reposición es de 15 días, se debería empezar por lo menos con 15 días de inventario para que se puedan soportar las ventas hasta la siguiente reposición. Si el tiempo de reposición es de 60 días, se debe comenzar el modelo con mayor inventario a 60 días para soportar el sistema hasta la siguiente reposición.

$$Rotación\ Ideal = \frac{Mes\ (30\ días)}{Tiempo\ de\ Reposición}$$

Esto quiere decir que para el ejemplo de 15 días, la rotación mensual de referencia puede estar alrededor de 2 veces por mes, mientras para el ejemplo de 60 días el valor de rotación puede estar alrededor de 0.5 veces por mes.

En la gráfica se observa que el nivel de rotación mensual promedio para los 6 meses analizados es de 3.14 por mes, lo cual teniendo en cuenta un tiempo de reposición promedio de 3.7 días, podría considerarse un nivel de rotación relativamente bajo. Un buen nivel de rotación sería un valor alrededor de 8 veces por mes (30 días / 3.7 días).

3.1.2 Análisis de capacidad

La capacidad de la empresa es un valor importante debido a que se pueden identificar una de las posibles razones por las cuales se generan agotados y se afecta el servicio.

Si hay falta de capacidad se genera un déficit para producir productos demandados y aparecerán agotados, ya que la capacidad de la empresa no logra producir todo lo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

requerido por el cliente y si se desea aumentar la capacidad sería necesario hacer inversiones.

Por otra parte si existe capacidad excedente, la empresa estaría en capacidad de producir todo lo que le compran, sin embargo por la falta de claridad de prioridades y definición de necesidades en la planta, o simplemente por la metodología utilizada, sigue siendo posible que se generen excesos y agotados.

La Figura 14 es el resultado de dividir la capacidad sobre la demanda, por lo tanto si esta es mayor que 100%, se concluye que la capacidad es mayor con respecto a la demanda y que en teoría se debería poder producir todo lo que el cliente requiere.

Entonces conocemos que la capacidad de la empresa es constante mes a mes, sin embargo en la Figura 14 se observa que el exceso de capacidad varía mes a mes dependiendo del nivel de demanda, sin embargo es claro que en ninguna ocasión la empresa ha tenido una capacidad menor a la demanda de los clientes, por este motivo no debería existir ningún tipo de agotados, sin embargo estos se siguen presentando.

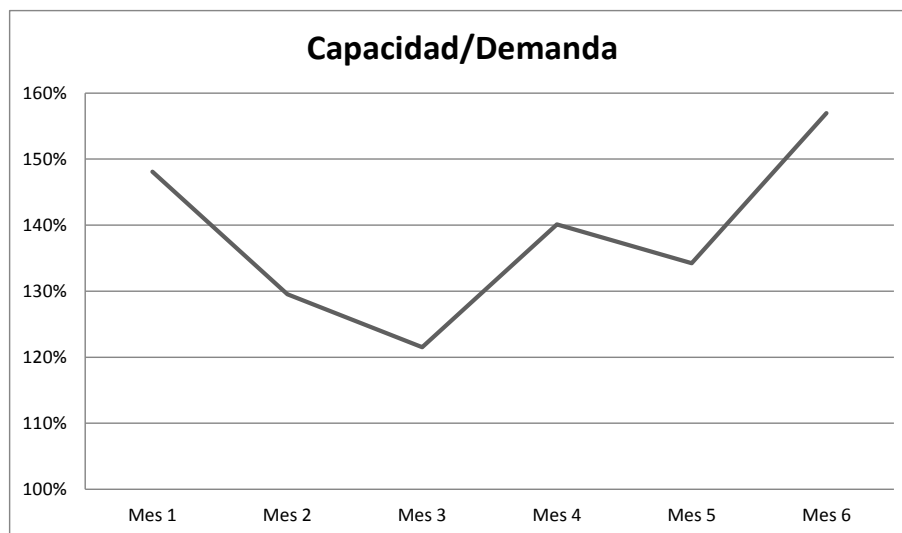


Figura 14 Capacidad

3.1.3 Diagnóstico de la situación actual

La empresa, como la mayoría de empresas del mercado, tiene algunos patrones de comportamiento o de análisis que han sido comúnmente utilizados por años, los cuales con el tiempo se convierten en paradigmas.

Las eficiencias locales y los pronósticos han sido usados en las empresas a lo largo de los años como dos prácticas comunes que en teoría daban resultado, sin embargo,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

muchas personas han estudiado nuevas posibilidades y han descubierto que la forma como los usan, son paradigmas difíciles de desaparecer que impiden aumentar el desempeño total de la empresa.

En la Figura 15 se explica con un árbol de realidad actual (Relaciones causa-efecto), como las dos causas raíz de que los indicadores no estén en el nivel esperado son utilizar los pronósticos y buscar eficiencias locales.

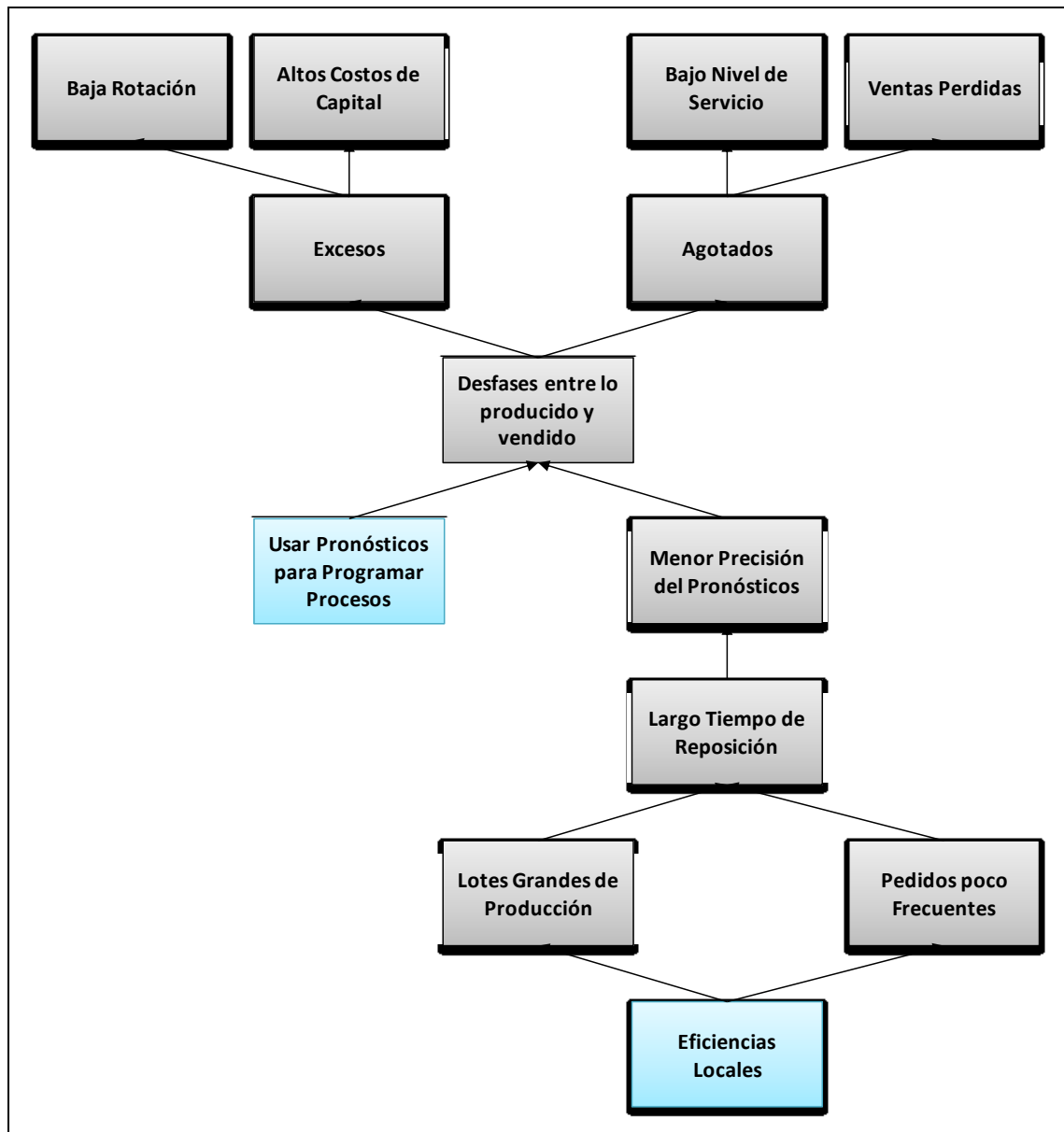


Figura 15 Paradigmas. Adaptación (Simple Solutions)

El árbol se lee de la siguiente manera:

- Si en la empresa se fomentan las Eficiencias Locales, entonces la empresa trabajará con lotes lo mas grandes posible y los pedidos se realizarán con baja frecuencia.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Si se hacen lotes grandes de producción y los pedidos son poco frecuentes, entonces el tiempo de reposición será mas largo.
- Si hay un largo tiempo de reposición, entonces habrá menor precisión en los pronósticos.
- Si se usan pronósticos y estos no son precisos, entonces se presentarán desfases entre lo producido y lo vendido.
- Si se presentan desfases entre lo producido y lo vendido, entonces se presentarán excesos y agotados de inventario.
- Si se presentan excesos, entonces habrá baja rotación y altos costos de capital.
- Si se presentan agotados, entonces habrá bajo nivel de servicio y ventas perdidas.

En conclusión, los problemas raíz que serán atacados con la simulación son:

- **Eficiencias locales**

Buscar eficiencias locales es buscar que cada uno de los recursos esté utilizado la mayor parte del tiempo. Pero, si no son cuellos de botella porque el Análisis de capacidad en la página 36 dejó claro que tienen capacidad en exceso, ¿de qué sirve entonces ser eficiente localmente en estos recursos?

- **Pronosticar la demanda y producir de acuerdo a los pronósticos**

Pronosticar la demanda es afirmar situaciones acerca del futuro, pero el futuro es incierto. Entonces, ¿será posible hacer un mejor uso de los pronósticos de manera que no se les crea ciegamente y que el modelo permita alinearse de manera rápida y flexible a la demanda real?

Con la simulación se retarán estos dos paradigmas con una propuesta de un modo distinto de operación que logre una mejora significativa en el desempeño total del sistema.

3.2 DATOS Y SIMULACIÓN EN SYMPHONY

3.2.1 ¿Como funciona el simulador?

El simulador utiliza los conceptos de TOC para todos los movimientos que realiza, transformando cada consumo y reabastecimiento en transacciones, las cuales son evaluadas por el simulador para decidir con respecto a la realidad que decisiones habría tomado si TOC fuera la metodología usada por la empresa y así cancelar la transacción, modificarla o dejarla como está.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para esto tiene en cuenta varios conceptos:

- **Prevenir inventario negativo**

Cada uno de los pedidos que entra a la planta es evaluado de manera que el pedido se limita al inventario existente en la planta, es por esto que el amortiguador se define entre 1.2 y 2 veces el mayor consumo promedio en el tiempo de reabastecimiento como se explica en el numeral 1.3.2 del Marco teórico.

- **La frecuencia del reabastecimiento**

Como se explica en el numeral 1.3.2 del Marco teórico, el tiempo reabastecimiento por cada SKU debe ser el menor posible, *Symphony* lo define como un intervalo de tiempo N entre producciones. El simulador inicia el reabastecimiento al inicio de la corrida y luego ocurre cada N días.

- **Lead Time del transporte**

En el ambiente de distribución de la empresa y su bodega, el tiempo de transporte es de 1 día, por lo tanto si el tiempo de reposición es de 7 días entonces la frecuencia de reabastecimiento es de 6 días.

3.2.2 Datos de entrada de *Symphony*

Los datos de entrada al simulador son historiales para 6 SKU seleccionados, estos SKU fueron definidos teniendo en cuenta la rotación de cada uno, de manera que fueran representativos para el total de la empresa. Los SKU seleccionados son de alta, mediana y baja rotación.

Symphony tiene algunos requerimientos de información para la simulación, esta información es tomada de la empresa aplicándole un factor de conversión que permita guardar la confidencialidad, pero que conserve las tendencias reales. Se consolida en un archivo llamado *Master Data*, la información utilizada se encuentra en el Anexo 1, con esta información se realizan todas las simulaciones y tiene varias hojas con información, estas son:

- Ubicaciones del Inventario (*Stock Locations*): Como se explica en el numeral 3.2 del Marco teórico, se crean 3 ubicaciones: bodega de origen, bodega de referencia y bodega simulada. Además es necesario definir la fecha de inicio de la simulación siendo la misma fecha de inicio que la de los datos simulados. El computador donde se hará la simulación debe tener la fecha del primer día de la simulación. Mirar Anexo 2.
- SKU's en Ambientes MTS (MTSSKU's_Create SKU's): Se crean SKU y se definen variables iniciales, con las que la simulación comenzará en el día 1 y las cuales le

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ayudarán a tomar decisiones a lo largo de la simulación (amortiguador inicial, tiempo de reabastecimiento, inventario en sitio, inventario de inicial de tránsito, inventario inicial de producción, origen, precio unitario, CTV, tróput, reabastecimiento mínimo, multiplicador de reabastecimiento, etc). Mirar Anexo 3.

- Amortiguadores Iniciales (Consumption_Initial_Buffers): Symphony utiliza la información de consumo real en la bodega de referencia para calcular los amortiguadores iniciales en la bodega simulada, teniendo en cuenta el consumo real de los primeros 3 meses evaluados. Mirar Anexo 4.
- Estado inicial (Status_Initial_Sim): En la hoja estado inicial, se colocan los saldos de inventario inicial, estos datos se usan para efectos de la simulación, por lo tanto sólo se colocan para la bodega simulada. Mirar Anexo 5.
- Simulación del consumo (Consumption_Simulation): Los datos serán utilizados para conocer el consumo real y que la bodega simulada conozca los consumos día a día y tome decisiones sobre como se debe comportar cada transacción. Mirar Anexo 4.
- Estado de la simulación (Status_Simulation_RefWHs): La información de la tabla estado de la simulación sirve para conocer el historial de inventario de la bodega de referencia y cual es el estado de cada SKU en determinada fecha. Mirar Anexo 6.

3.2.3 Cálculo de amortiguadores

Para comenzar la simulación, *Symphony* calcula los amortiguadores iniciales de cada SKU usando el método de suma móvil, luego este amortiguador inicial es ajustado en el tiempo de acuerdo a la administración dinámica de amortiguadores.

Entonces, *Symphony* para el cálculo de los amortiguadores, tiene en cuenta el concepto explicado en el numeral 1.3.2 del Marco teórico, además mediante la utilización de la suma móvil, permite encontrar la demanda máxima durante el tiempo de reabastecimiento y así tener un amortiguador lo suficientemente seguro no tener agotados.

La Figura 16 muestra la interfaz de *Symphony* para comenzar el cálculo de los amortiguadores iniciales.

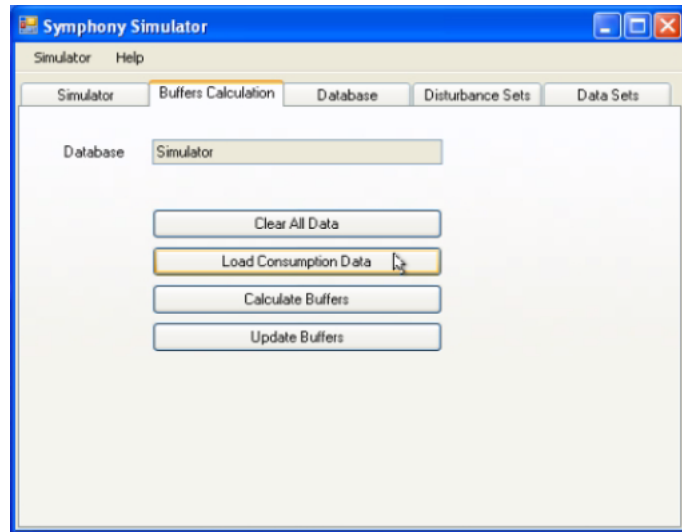


Figura 16 Cálculo de Amortiguadores.

El cálculo de los amortiguadores tiene en cuenta algunas variables como:

- Histórico de demanda durante n días.
- Tiempo de Reabastecimiento.

Entonces, *Symphony* suma la demanda de x días consecutivos durante $n - (x - 1)$ veces y recorriendo uno a uno todos los datos de la demanda. En el Ejemplo 5, se aclaran estos conceptos:

Ejemplo 5

Se tiene la demanda de 10 días (en unidades), con un tiempo de reabastecimiento de 3 días y un factor de protección de 50%.

$$\text{Número de veces que se suma la demanda} = n - (x - 1) = 10 - (3 - 1) = 8$$

Tabla 1 Suma móvil

	<i>Día</i>	<i>Demanda diaria</i>	<i>Demanda en Tiempo de Reabastecimiento</i>	<i>Suma Demanda en Tiempo de Reabastecimiento</i>	<i>Fórmula</i>
	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
3	Día 1	2	Demanda 1	15	=SUMA(D3:D5)
4	Día 2	4	Demanda 2	23	=SUMA(D4:D6)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	<i>Día</i>	<i>Demanda diaria</i>	<i>Demanda en Tiempo de Reabastecimiento</i>	<i>Suma Demanda en Tiempo de Reabastecimiento</i>	<i>Fórmula</i>
5	Día 3	9	Demanda 3	25	=SUMA(D5:D7)
6	Día 4	10	Demanda 4	24	=SUMA(D6:D8)
7	Día 5	6	Demanda 5	15	=SUMA(D7:D9)
8	Día 6	8	Demanda 6	15	=SUMA(D8:D10)
9	Día 7	1	Demanda 7	16	=SUMA(D9:D11)
10	Día 8	6	Demanda 8	25	=SUMA(D10:D12)
11	Día 9	9			
12	Día 10	10			

La columna G muestra la suma de las demandas durante 3 días que es el tiempo de reabastecimiento. Mirar fórmula columna H. La mayor sumatoria de demanda presentada son las 3 y 8, con un valor de 25 unidades, entonces el amortiguador es:

$$\text{Amortiguador} = 25 * (1 + 50\%) = 32.5 \text{ Unidades}$$

En *Symphony* los amortiguadores, se calculan de acuerdo al máximo consumo durante el tiempo de reposición, para los SKU 10001 y 10002, los cálculos fueron los siguientes:

$$\text{SKU 10001} = 5917 * (1 + 0\%) = 5917 \text{ Unidades}$$

$$\text{SKU 10002} = 2055 * (1 + 0\%) = 2055 \text{ Unidades}$$

Symphony utiliza un 0% como factor de protección para esta simulación porque se asume que la reposición es 100% confiable; es decir, el tiempo que toma la planta para producir se asume como una constante entonces no se requiere de protección adicional. En un entorno real esta protección normalmente oscila entre un 20 y un 100%.

Para estos análisis se tomaron los datos de consumo del Anexo 4, teniendo en cuenta los tiempos de reabastecimiento para cada SKU que están en el Anexo 3.

Entonces estos amortiguadores, se convierten para *Symphony* en los inventarios objetivos. A continuación en Rutina diaria, se verá como *Symphony* revisa los saldos actuales y sugiere una cantidad que complete el amortiguador, como se observó en el numeral 1.3.2 del Marco teórico.

3.2.4 Rutina diaria

Después de completar el cálculo de los amortiguadores iniciales, *Symphony* comienza la simulación día tras día de la Bodega Simulada, para esto carga automáticamente los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

consumos reales diarios y el simulador comienza a hacer sugerencias de reabastecimiento.

- **Sugerencias de reabastecimiento**

La Figura 17 muestra el inventario inicial de cada SKU y su porcentaje de penetración inicial del amortiguador (PA).

Bodega	SKU	Descripción de SKU	Inventario en el Sitio	PA Sitio	Tamaño de Amortiguador
Bodega Sim					
Bodega Sim	10001	Producto 1	161	97%	5,917
Bodega Sim	10002	Producto 2	0	100%	2,055
Bodega Sim	10003	Producto 3	1,560	75%	6,289
Bodega Sim	10007	Producto 7	2,010	5%	2,116
Bodega Sim	10009	Producto 9	0	100%	5,991
Bodega Sim	10010	Producto 10	276	81%	1,512

Figura 17 Día Cero

Los colores de la columna PA en sitio, son la ayuda visual del software y muestra como se encuentra cada amortiguador siguiendo la teoría de los colores presentada la Figura 5, del Marco teórico.

Además *Symphony* permite analizar día a día el comportamiento de cada SKU, cual es su penetración en el amortiguador y el inventario, la interfaz que utiliza el simulador es la siguiente:

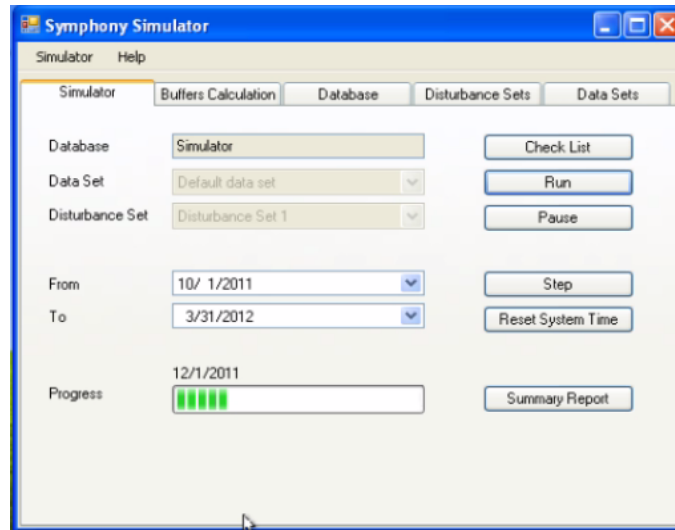


Figura 18 Interfaz *Symphony* (Comportamiento Diario)

Las salidas del inventario son los consumos reales que tuvo la empresa día a día y las entradas del inventario son las sugerencias que entrega *Symphony* de reabastecimiento diario para completar amortiguadores, siguiendo este método, la penetración del inventario para el día 10 se comportaría de la siguiente manera:

Bodega	SKU	Descripción de SKU	Inventario en e...	PA Sitio	Tamaño de Amortiguador
Bodega Sim					
Bodega Sim	10001	Producto 1	5,399	8%	5,917
Bodega Sim	10002	Producto 2	2,130	-4%	2,055
Bodega Sim	10003	Producto 3	6,636	-6%	6,289
Bodega Sim	10007	Producto 7	2,593	-23%	2,116
Bodega Sim	10009	Producto 9	6,170	-3%	5,991
Bodega Sim	10010	Producto 10	1,716	-14%	1,512

Figura 19 Día 10

Como se observa el inventario de la mayoría de las SKU está por encima del amortiguador, esto es causado por los tamaños mínimos de lote, ya que cada producción requiere de una producción mínima muy alta comparada con los consumos diarios.

La demanda varía a través del tiempo y TOC propone que todos los procesos de la empresa sean dirigidos por el consumo, entonces los amortiguadores pueden variar dependiendo de muchos factores como la época del año. Para esto se utiliza la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

administración dinámica de amortiguadores utilizando la teoría del numeral 1.3.2, página 25.

○ **Administración dinámica de amortiguadores**

Para analizar estos conceptos se utilizarán las gráficas de inventario de comportamiento real de algunos SKU, en el día 20 se toma una foto del comportamiento, para el SKU 10001, en la Figura 20 se observa que aproximadamente en el día 16 de octubre, el simulador propone una reducción del 33% para el inventario, mientras que para el SKU 10003 como se muestra en la Figura 21, la reducción de inventario se da a partir del día 11 de octubre. Los gráficos del comportamiento de los demás SKU que tuvieron cambios en los amortiguadores para el primer periodo de 20 días se pueden observar en el Anexo 7.

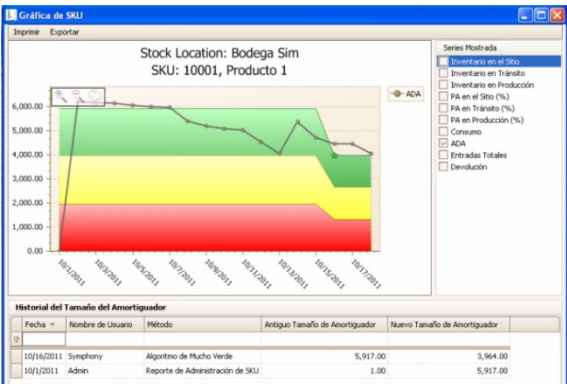


Figura 20 Mucho Verde SKU 1

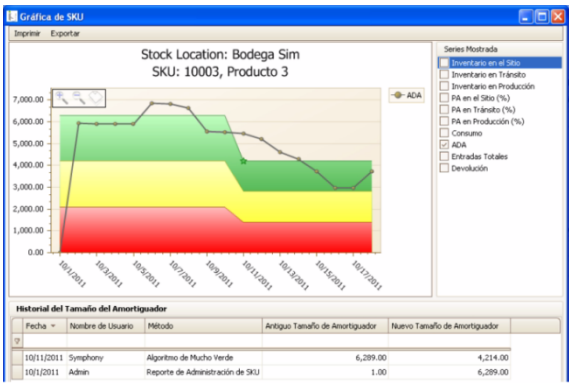


Figura 21 Mucho Verde SKU 3

Estas reducciones *Symphony* las propone después de evaluar el algoritmo mucho verde, este dice que el nivel del amortiguador se disminuye en 33% en el momento que la suma de porcentajes de penetración del amortiguador en días consecutivos, supera el 500%, si por algún motivo un día es amarillo, se debe empezar desde cero la suma nuevamente.

Ejemplo 6

Continuando con el Ejemplo 1, se tienen los siguientes datos:

Tabla 2 Ejemplo 3

Día	Nivel de Inventario (uds)	Penetración en Zona Verde (uds)	Penetración en Zona Verde (%)	Penetración acumulada en Zona Verde	Sugerencia Mucho Verde
1	120	20	40%	40%	NO
2	130	30	60%	100%	NO

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Día	Nivel de Inventario (uds)	Penetración en Zona Verde (uds)	Penetración en Zona Verde (%)	Penetración acumulada en Zona Verde	Sugerencia Mucho Verde
3	125	25	50%	150%	NO
4	110	10	20%	170%	NO
5	80	0	0%	0%	NO
6	150	50	100%	100%	NO
7	122	22	44%	144%	NO
8	135	35	70%	384%	NO
9	140	40	80%	464%	NO
10	112	12	24%	488%	NO
11	106	6	12%	500%	SI

El comportamiento del inventario se muestra en la Figura 22, entonces a partir del día 12, el amortiguador se debe reducir en un 33%.

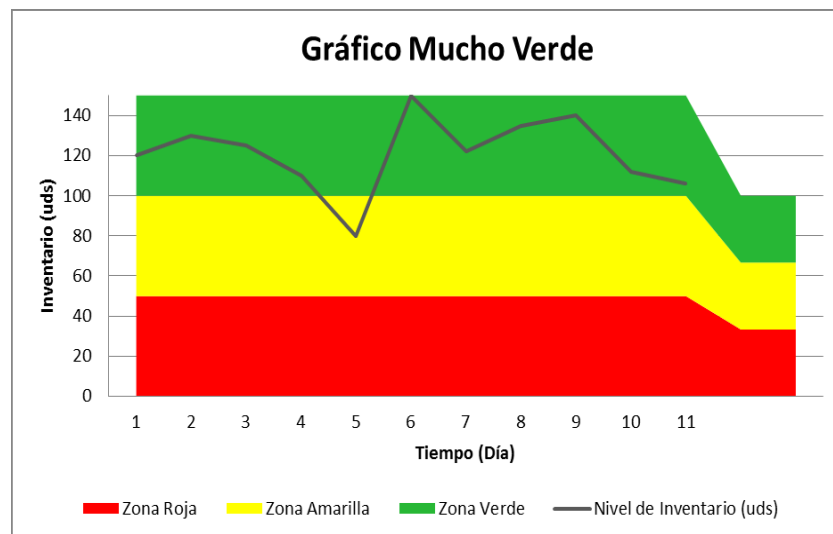


Figura 22 Ejemplo Gráfico Mucho Verde

Adicionalmente la Figura 23 muestra como el nivel de inventario está mas controlado, lo cual reduce el caos en la planta y permite tener un mayor control sobre la situación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 23

Día 20.

Para el día 30, SKU 10003, en la Figura 24 se observa como el simulador después de haber bajado el amortiguador, se ajusta nuevamente a la demanda del mercado aumentando los amortiguadores el día 25, para darse cuenta que debe subirlos nuevamente en el día 28 ya que la penetración en rojo continuó.

Todos los SKUs MTS						
Acciones						
Selecionar SKUs MTS Aplicar Decisiones						
Vistas						
Guardar Vista Administrar Vistas Restaurar Vista Original Default						
Exportar						
Imprimir						
Drag a column header here to group by that column						
Bodega	SKU	Descripción de SKU	Inventario en el Sitio	PA Sitio	Tamaño de Amortiguador	
Bodega Sim						
Bodega Sim	10001	Producto 1	4,052	-3%	3,964	
Bodega Sim	10002	Producto 2	1,442	29%	2,055	
Bodega Sim	10003	Producto 3	3,740	11%	4,214	
Bodega Sim	10007	Producto 7	2,097	-48%	1,418	
Bodega Sim	10009	Producto 9	6,810	-14%	5,991	
Bodega Sim	10010	Producto 10	1,474	2%	1,512	

Figura 23 Día 20.

Para el día 30, SKU 10003, en la Figura 24 se observa como el simulador después de haber bajado el amortiguador, se ajusta nuevamente a la demanda del mercado aumentando los amortiguadores el día 25, para darse cuenta que debe subirlos nuevamente en el día 28 ya que la penetración en rojo continuó.

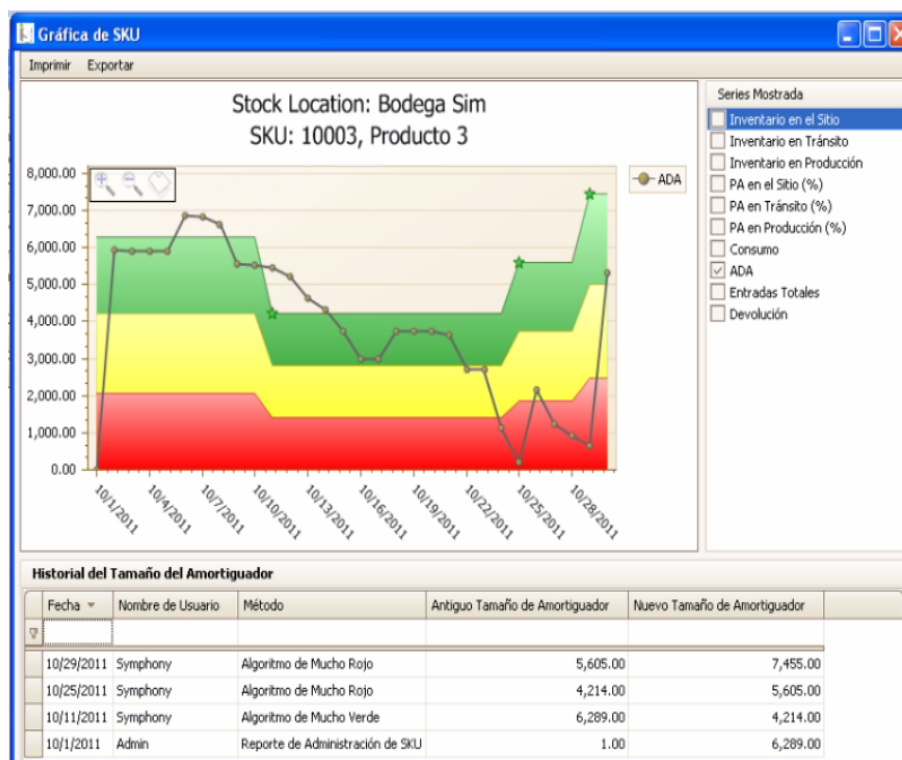


Figura 24 Mucho Rojo SKU 3

El incremento, *Symphony* lo propone después de evaluar el algoritmo mucho rojo, este dice que el nivel del amortiguador se aumenta en 33% en el momento que la suma de porcentajes de penetración del amortiguador en días consecutivos, supera el 100%, si por algún motivo un día es amarillo, se debe empezar desde cero la suma nuevamente.

Ejemplo 7

Continuando con el Ejemplo 1, se tienen los siguientes datos para los días del 15 al 24:

Tabla 3 Ejemplo 4

Día	Nivel de Inventario (uds)	Penetración en Zona Roja (uds)	Penetración en Zona Roja (%)	Penetración acumulada en Zona Roja	Sugerencia Mucho Rojo
15	20	30	60%	60%	NO
16	40	10	20%	80%	NO
17	60	0	0%	0%	NO
18	75	0	0%	0%	NO
19	64	0	0%	0%	NO
20	55	0	0%	0%	NO
21	35	15	30%	30%	NO
22	40	10	20%	50%	NO
23	45	5	10%	60%	NO
24	30	20	40%	100%	SI

El comportamiento del inventario se muestra en la Figura 25, entonces a partir del día 25, el amortiguador se debe incrementar en un 33%.

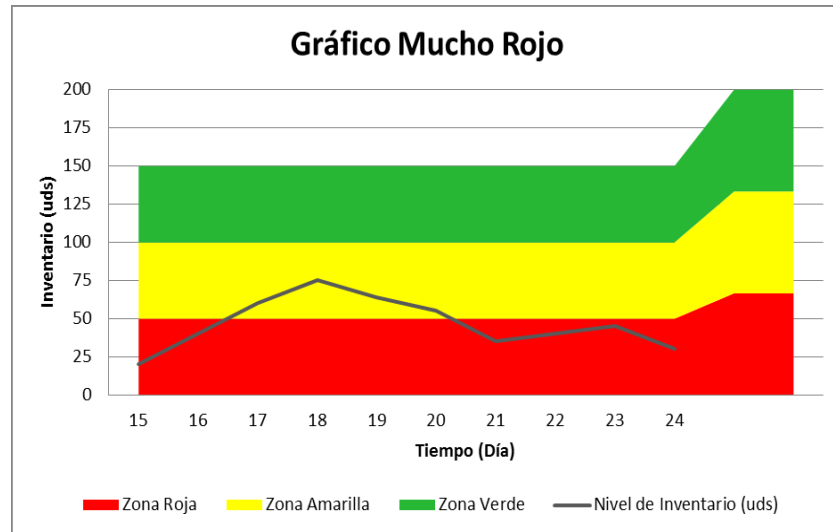
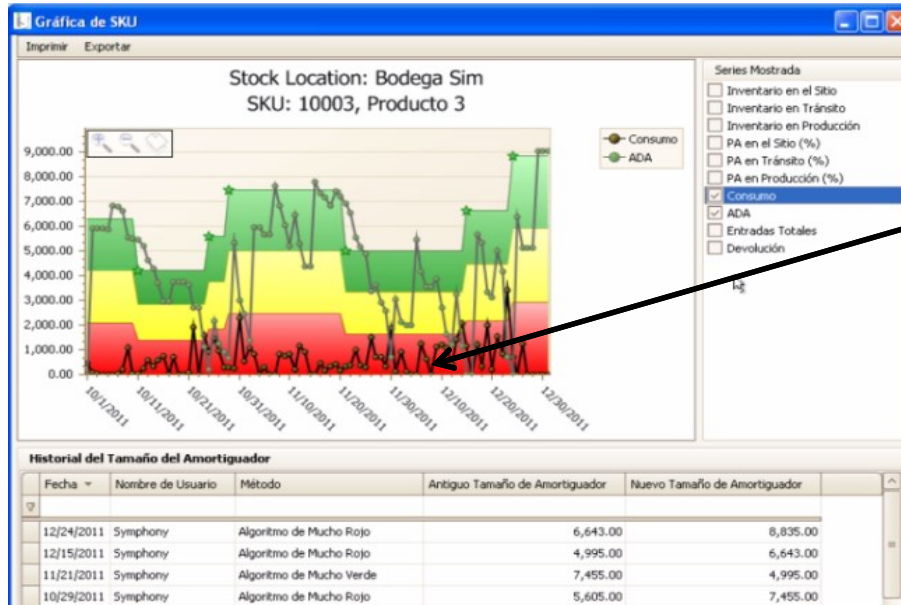


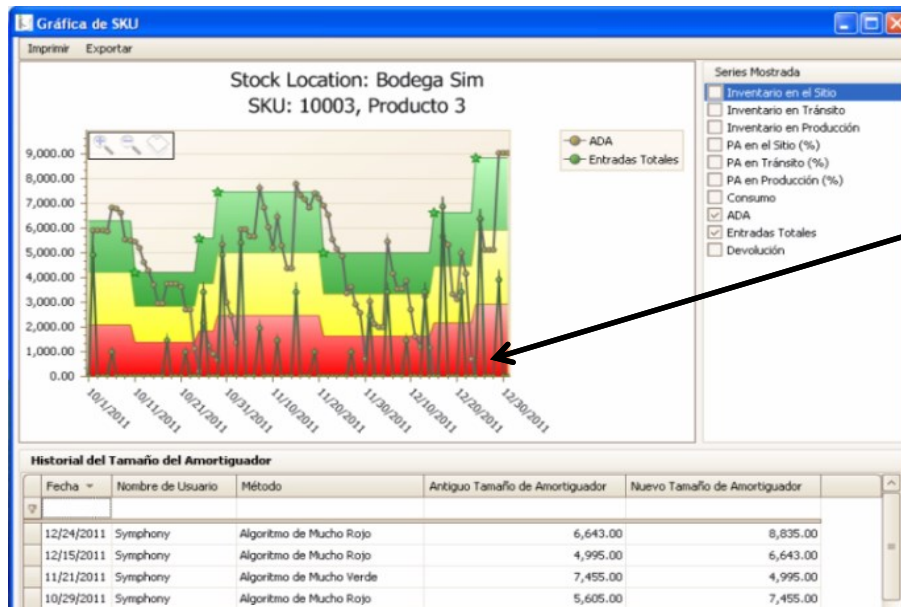
Figura 25 Ejemplo Gráfico Mucho Rojo

Luego se toman nuevamente los datos para el día 90, se puede observar el comportamiento del inventario y los amortiguadores para el SKU 3 además del consumo y las entradas totales. En la Figura 26 y la Figura 27 se puede observar que el nivel de consumo es mucho menor que el nivel de entradas, esto se debe a los tamaños mínimos de lotes. También se observa como los amortiguadores se adecuan al nivel de demanda siguiendo la teoría de mucho verde y mucho rojo. En el Anexo 8 se pueden observar las gráficas de comportamiento de cada uno de los SKU para el día 90.



Consumo

Figura 26 Día 90 SKU 3 Consumo



Entradas

Figura 27 Día 90 SKU 3 Entradas

Y para terminar con los análisis del simulador, se toma una foto para todos los SKU el último día de la simulación, el resultado se observa en la Figura 28. Se puede observar

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

que el porcentaje de penetración del amortiguador está en verde y azul, lo cual propone un nivel de inventario que disminuye el caos en la planta y permite proteger las ventas.

Bodega	SKU	Descripción de SKU	Inventario en el Sitio	PA Sitio	Tamaño de Amortiguador
Bodega Sim					
Bodega Sim	10002	Producto 2	1,442	29%	2,055
Bodega Sim	10003	Producto 3	3,740	11%	4,214
Bodega Sim	10010	Producto 10	1,474	2%	1,512
Bodega Sim	10001	Producto 1	4,052	-3%	3,964
Bodega Sim	10009	Producto 9	6,810	-14%	5,991
Bodega Sim	10007	Producto 7	2,097	-48%	1,418

Figura 28 Resultado Final

3.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Una vez terminada la simulación, *Symphony* arroja los resultados, permitiendo comparar el desempeño de la bodega simulada versus la bodega referencia. Entonces el objetivo 3 (Resultados de la simulación) será desarrollado de manera que se comparen los ítems analizados en el objetivo 1 (Situación actual de la empresa) y algunos otros indicadores, que para TOC son importantes y esenciales en la aplicación de la metodología y de esta manera entender y determinar los pros y los contras.

3.3.1 Resultado General

Los resultados de la simulación total traen muy buenos beneficios globales para la empresa a pesar de que se deben afectar algunos indicadores. A continuación en la Tabla 4 se observan los resultados por cada indicador en las bodegas referencia y simulada.

Tabla 4 Resultados Generales de la Simulación

	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	106,182,047	94,212,747	12.70 %
Inventario de Cierre	111,117,268	50,804,064	118.72 %
Disponibilidad			
Días de agotados	22	93	-76.34 %
Días de agotados %	2.01 %	8.52 %	-76.34 %
Ventas			
Tráput Perdido (TVD)	8,537,500	48,593,532	-82.43 %
Rotación (ITR)	21.95	18.95	15.85 %
Retorno sobre Inver (ROI)	6.59	5.68	15.85%

Los resultados generales, son claros, se debe aumentar el inventario en \$ 11'969.300, mientras se disminuye el TVD en \$ 40'056.032. El TVD es el dinero perdido por agotados, mientras el inventario representa dinero amarrado en el sistema. Entonces los beneficios son claros, si se aplicara la metodología TOC se incrementan los ingresos en la empresa debido a que no se agota tanto producto y para lograrlo se requiere solo de una pequeña inversión en inventario.

¿Cómo comparar con cifras un aumento en ventas con un aumento en inventarios?
 ¿Cuánto cuesta realmente el inventario? Como la bodega es propia, desde el punto de vista de almacenamiento el costo es prácticamente el mismo así tenga la bodega llena o a la mitad. El costo más relevante acá es el costo del capital que se está amarrando en inventarios. Para cuantificar este costo se puede usar el concepto de Costo de Capital Promedio Ponderado (conocido en inglés como WACC: *Weighted Average Cost of Capital*). Se consultó en empresas del sector y se encontró que el WACC oscila alrededor del 10 y el 12% efectivo anual por lo cual se usará un valor del 11% para poder comparar bien los resultados. El valor real de la empresa no se pudo publicar por razones de confidencialidad.

Es claro ya que el TVD disminuye en \$ 40'056.032 o sea que los ingresos de la empresa se espera que incrementen en este valor para este período de 6 meses. ¿Cuánto cuesta tener \$11.969.300 de inventario adicional durante 6 meses? Para llevar el Costo de Capital Promedio Ponderado de efectivo anual a efectivo semestral se usa la siguiente fórmula.

$$Tasa Efectiva Semestral = (1 + Tasa Efectiva Anual)^{(1/2)} - 1$$

$$Tasa Efectiva Semestral = 1.11^{(1/2)} - 1 = 5.35\%$$

$$Costo de Capital adicional = \$ 11.969.300 * 5.35\% = \$ 641.140$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Esto quiere decir que con un costo de capital adicional de solo \$641.140 se puede lograr un incremento en los ingresos de \$40.056.032 lo cual demuestra los resultados tan contundentes de la simulación. Sin desconocer que una simulación es sólo una aproximación a la realidad, se podría afirmar que la utilidad neta adicional que se lograría con estos 6 SKUs si se hubieran implementado los conceptos de TOC durante esos 6 meses es de \$40.056.032 - \$641.140 = \$39.414.892.

- **Inventario Promedio e Inventario de Cierre**

Para propósito de los análisis se propone el uso del inventario promedio, debido a que el inventario de cierre puede verse como un dato maquillado, ya que las compañías hacen todo lo que sea necesario para que a final de mes el inventario sea menor que el de todo el mes.

Además al trabajar con el inventario de cierre no se representa el flujo de caja que durante todo el mes estuvo atado a la compañía.

Con respecto al resultado del inventario promedio, la simulación da como resultado un incremento del 12,70%, sin embargo son tantos los beneficios que se observan en los demás indicadores, que es una decisión bastante considerable.

- **Número de Días de Agotados y Porcentaje de Días de Agotados**

Para la bodega referencia, el número de días de agotados fue de 93, mientras para la simulación fueron 22, esto representa una mejora del 76,34%.

Estos números son calculados teniendo en cuenta que un día de agotado es un día en el que al menos un SKU está agotado, entonces el porcentaje de días de agotados se calcula así:

$$\% \text{ Días agotados} = \frac{\text{Días de agotados}}{\text{Número de días de Simulación} * \text{Número de SKU's}}$$

- **Trúput perdido (TVD)**

El TVD es el dinero que la empresa deja de recibir debido a que hay algún SKU agotado, por lo tanto entre mas pequeño sea este número quiere decir que la empresa está vendiendo mas y dejando mas clientes satisfechos.

Los resultados son satisfactorios, \$ 45'593.532 perdidos para la bodega Referencia, frente a \$ 8'537.500 perdidos en la bodega Simulada, lo que representa una mejora de 82,43%.

Entonces las ventas incrementaron sustancialmente debido a que hay una mejor disponibilidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Rotación del Inventario (ITR)**

Mayor rotación del inventario representa mayores ventas o menor inventario promedio, como se detalló en el numeral 3.1.1.

Los resultados generales de la Tabla 4 muestran que hubo un incremento en el ITR, esto se debe a que a pesar de que hay un incremento del inventario del 12.70%, el incremento en las ventas fue mayor ya que como se explicó anteriormente el Trúput perdido disminuyó en 82.43%.

- **ROI (Retorno sobre la Inversión)**

Hace referencia a la velocidad con que el inventario que tengo en sitio genera valor a la compañía. Para que el ROI aumente se deben conservar las ventas y disminuir inventario, aumentar las ventas en mayor proporción que el incremento del inventario, o simplemente incrementar las ventas y mantener el mismo inventario.

El Trúput es:

$$\text{Trúput} = \text{Precio} - \text{CTV (Costo totalmente variable)}$$

Y el Trúput total es:

$$\text{Trúput Total} = \text{Demanda} [\text{Precio} - \text{CTV (Costo totalmente variable)}]$$

Entonces al incrementar el nivel de ventas se incrementa el Trúput total.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Trúput}}{\text{Inventario}}$$

Y como se observa en la Tabla 4 la empresa obtuvo mejor ROI en la bodega simulada que en la bodega referencia.

3.3.2 Medidas de desempeño de la empresa

- **Nivel de inventario**

Como se explicó en el numeral 3.1.1, la empresa siempre ha tenido la necesidad de bajar inventarios, mientras el nivel de servicio incrementa, sin embargo con los resultados de la simulación se puede bajar el nivel de inventario para algunos de los SKU, mientras en otros bajarlo sería incrementar el riesgo de tener algunos SKU agotados.

Para simular los óptimos niveles de inventario y como se mostró en el numeral 3.2.4, Rutina diaria, *Symphony* está constantemente recalculando los amortiguadores, según los

consumos reales, mientras en la bodega referencia el inventario de seguridad que tenía la empresa siempre fue el mismo.

En los indicadores que se desean incrementar (ITR y ROI), los porcentajes positivos significan que la bodega simulada dio mejor resultado que la bodega referencia ya que el indicador mejoró (incrementó), mientras para los indicadores que se desean disminuir (Inventario, días de agotados y Trúput perdido), los porcentajes negativos representan que los indicadores mejoraron (disminuyeron) lo que significa que la bodega simulada dio mejores resultados que la bodega referencia. Si por el contrario los porcentajes tienen signos opuestos a los presentados anteriormente, quiere decir que la bodega referencia tuvo mejor desempeño que la bodega simulada en cada aspecto.

La Tabla 5 y la

Tabla 6 muestran dos SKU con diferentes resultados.

En la Tabla 5 el inventario promedio tiene un incremento de un 60.33%, a pesar de esto no ser muy bueno para las medidas de desempeño de la empresa, se observa una reducción del 83.33% en los días de agotados y en el TVD.

Adicionalmente, el ITR y el ROI disminuyen debido a que el inventario aumenta y el incremento en las ventas no fue suficiente para aumentar la rotación en este SKU.

Tabla 5 Resultados SKU 10002

	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	13,760,784	8,582,615	60.33 %
Inventario de Cierre	5,697,510	1,565,250	264.00 %
Disponibilidad			
Días de agotados	1	6	-83.33 %
Días de agotados %	0.55 %	3.30 %	-83.33 %
Ventas			
Trúput Perdido (TVD)	447	2,684	-83.33 %
Rotación (ITR)	12.02	18.64	-35.50 %
Retorno sobre Inver (ROI)	3.61	5.59	-35.50%

Mientras en la

Tabla 6 la reducción en el inventario promedio fue del 41.65%, sin embargo se afecta un poco la disponibilidad del SKU ya que se pasa de 1 a 3 días de agotados. Adicionalmente

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

la rotación del inventario y el retorno sobre la inversión, aumentan casi al doble, lo que representa que el inventario existente para la bodega simulada tendría mucho más movimiento que en la bodega de referencia.

Tabla 6 Resultados SKU 10003

	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	25,991,664	44,545,664	-41.65 %
Inventario de Cierre	33,704,895	27,870,465	20.93 %
Disponibilidad			
Días de agotados	3	1	200.00 %
Días de agotados %	1.65 %	0.55 %	200.00 %
Ventas			
Trúput Perdido (TVD)	1,706,764	309	552,966.67 %
Rotación (ITR)	22.39	13.00	72.15 %
Retorno sobre Inver (ROI)	6.71	3.90	72.15%

En el Anexo 9 se pueden encontrar los resultados para las demás SKU analizadas (Inventario promedio y de cierre, días de agotados, TVD, la rotación del inventario y el retorno sobre la inversión).

El estado diario de los niveles de inventario para los SKU analizadas en la Tabla 5 y la

Tabla 6, se ven a partir de la Figura 29 hasta la Figura 32.

- SKU 10002

La Figura 29 muestra el comportamiento del inventario en la realidad (Bodega Referencia) y la Figura 30 se muestra el de la bodega simulada. Visualmente no es sencillo observar el incremento del inventario de una bodega a otra, sin embargo con los resultados de la Tabla 5 se sabe que hubo un incremento del inventario promedio en 60.33%. En las figuras se observa que en mayor incremento se da en los primeros meses de la simulación, donde los niveles de inventario para la bodega simulada, permanecían durante largos periodos de tiempo en la parte verde del amortiguador.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

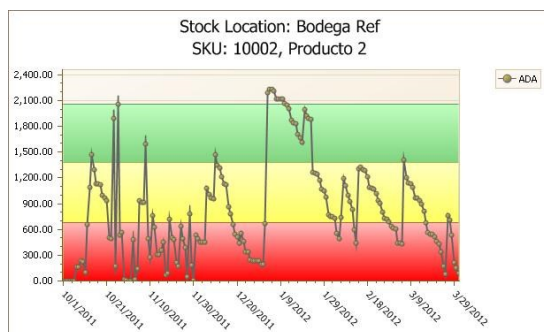


Figura 29 SKU 10002 REF

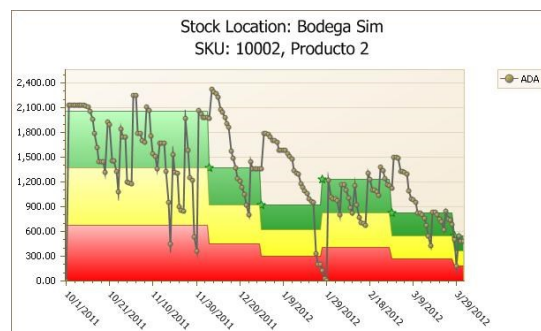


Figura 30 SKU 10002 SIM

- SKU 10003

Para el SKU 10003 a diferencia del SKU 10002 se observa la reducción del inventario promedio a través de la Figura 31, se observa la tendencia a mantener los niveles de inventario por debajo de las 9000 unidades, mientras en la Figura 32 se observa que la bodega de referencia tiene niveles de inventario que llegan hasta 21000 unidades.

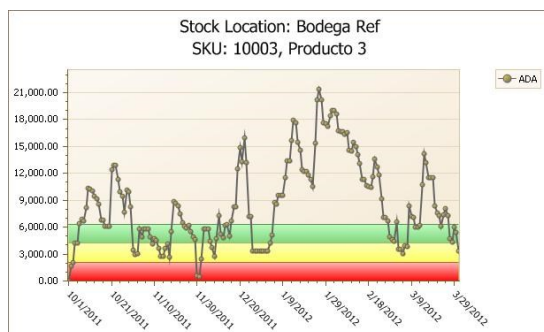


Figura 31 SKU 10003 REF

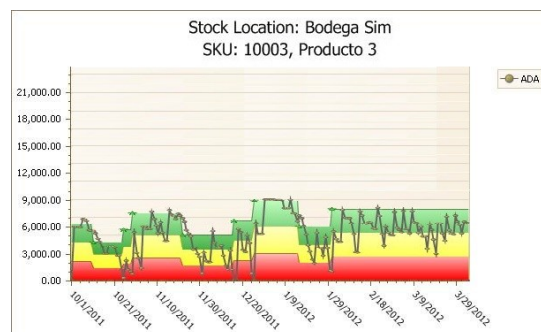


Figura 32 SKU 10003 SIM

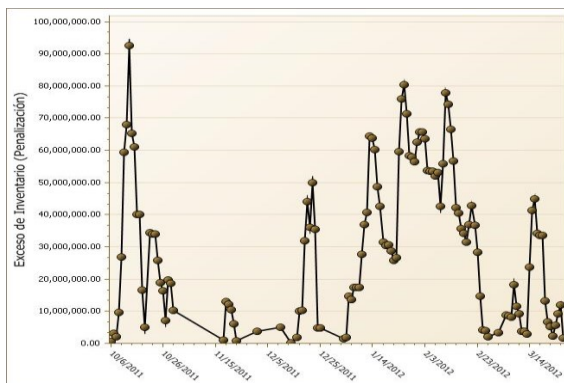
En el Anexo 10 se observa el comportamiento del inventario para los demás SKU para ambas bodegas y durante los 6 meses analizados.

Otra manera de medir el impacto de los niveles de inventario de las bodegas es teniendo en cuenta los excesos de inventario de cada SKU.

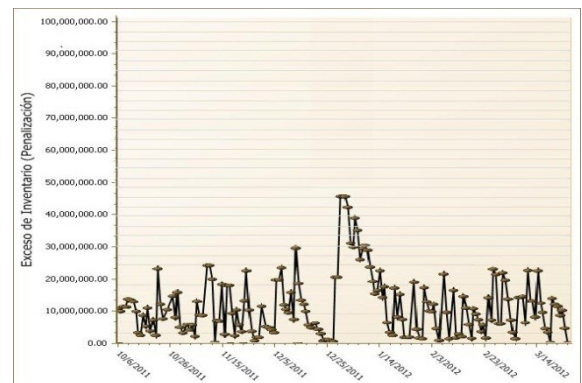
Los excesos de inventario tienen en cuenta todo el inventario que está por encima del amortiguador. Es decir, teniendo los mismos niveles de inventario es probable que los excesos de inventario varíen, ya que estos dependen de los valores que tenga el amortiguador a la fecha.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En la Figura 33 y la Figura 34 se observan los excesos de inventario diario. Se evidencia también que la bodega Simulada (Figura 34) mantiene excesos de inventario menores a los de la bodega Referencia (Figura 33).



**Figura 33 Exceso de Inventario
REF**



**Figura 34 Exceso de Inventario
SIM**

En promedio los valores de exceso diario fueron de:

- Bodega Referencia: \$ 30.013.754,38
- Bodega Simulada: \$ 11.385.693.36

Estos se sacan teniendo en cuenta las tablas presentadas en el Anexo 11 y el Anexo 12, donde se muestra el exceso diario por cada SKU.

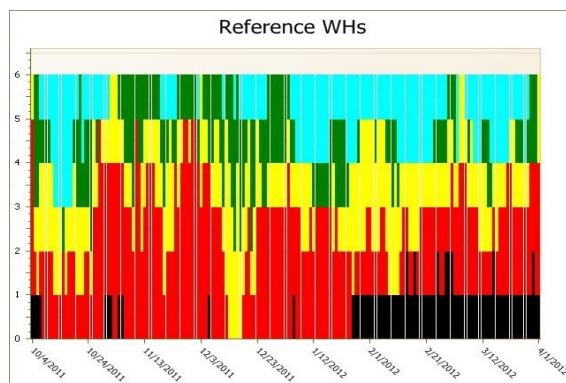
La Figura 35 y la Figura 36 muestran los gráficos llamados estadísticos de colores, los cuales permiten observar el comportamiento del inventario de cada SKU en relación con su respectivo amortiguador. Se observa claramente que los colores negro y rojo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

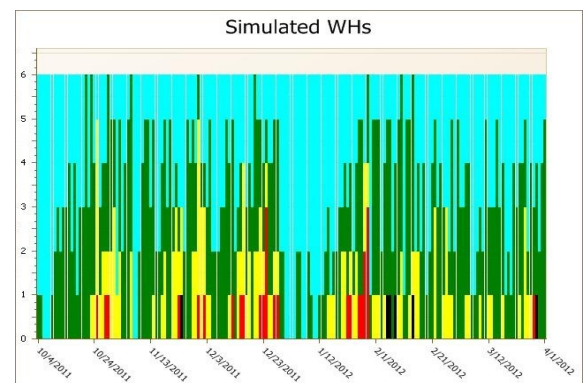
representan gran porcentaje de la Figura 35, lo que representa gran caos y falta de prioridades claras. Sin embargo, después de la simulación y trabajando con la metodología de TOC, el nivel de rojos y negro disminuye sustancialmente, y se observa que en la Figura 36, el amarillo, el verde y el azul predominan.

Es importante anotar que el color del inventario cada día y para cada SKU se determina con respecto al porcentaje de consumo del amortiguador que esté vigente a la fecha.

La Figura 35 y la Figura 36 se leen de la siguiente manera: En el eje “x” están las fechas de los 180 días de la simulación, en el eje “y” el número de SKU, entonces para la bodega referencia, se observa que para el primer día de la simulación, tenía un SKU negro, cuatro rojos y uno amarillo, mientras para la bodega simulada, donde el primer reabastecimiento se hace de manera inmediata al iniciar la simulación, se tenía un SKU verde y 5 azules.



**Figura 35 Estadístico de Colores
REF**



**Figura 36 Estadístico de Colores
SIM**

En conclusión se podría afirmar que la simulación definitivamente no logró una reducción en los inventarios; por el contrario, se presentó un incremento. Pero como se demostró en el Resultado General (numeral 3.3.1), aunque hubo un incremento de inventarios, el costo asociado a este es insignificante si se compara con los beneficios que se obtienen desde el punto de vista de disminución de ventas perdidas.

○ **Nivel de servicio**

Según la información generada por *Symphony*, la forma de comparar el nivel de servicio de las bodegas referencia y simulada es comparando los niveles de días en que han habido agotados. La Figura 37 y la Figura 38, muestran que los días de agotados disminuyen sustancialmente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La Figura 37 y la Figura 38 en su eje “x”, tienen fechas semanales, y el eje “y”, tiene el número de SKU agotado en cualquier día de la semana, por lo tanto la gráfica representa los días de agotados en que al menos un SKU estuvo agotado,

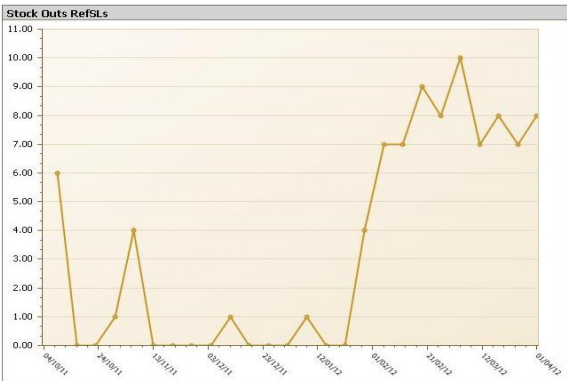


Figura 37 Número de días de agotado REF (*Stock out Days*)

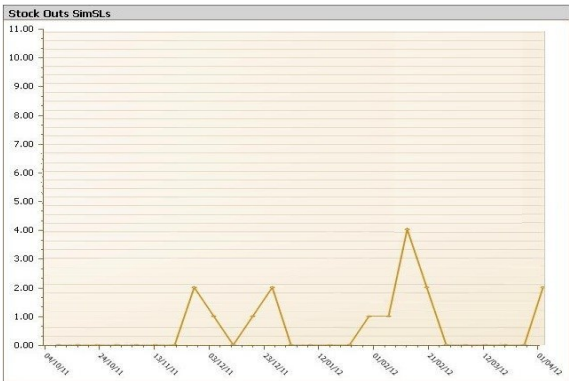


Figura 38 Número de días de agotado SIM (*Stock out Days*)

Para poder analizar el nivel de servicio de una forma más general, podemos comparar el Trúput potencial durante estos seis meses contra el Trúput que se perdió en la bodega simulada y en la bodega de referencia.

Bodega	Trúput Perdido	Trúput Potencial	Nivel de Servicio
Referencia	\$ 48.593.532	\$ 705.438.653	93.11%
Simulada	\$ 8.537.500	\$ 705.438.653	98.78%

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Aunque la forma como se calculó el nivel de servicio con la ayuda de *Symphony* es distinta a la forma como se calcula en la empresa; ambos métodos son muy similares porque tienen en cuenta las cancelaciones o ventas perdidas solo que *Symphony* lo hace en términos de Trúput en cambio la empresa lo hace en términos de Ventas Brutas.

Lo que si es importante es recalcar que con la simulación se está logrando el objetivo de nivel de servicio trazado por la compañía del 98% y que no se ha podido lograr con los modos de operación actuales.

○ **Rotación del Inventario**

Como se explicó en el numeral 3.1.1, en Rotación del Inventario la rotación es la cantidad de veces que se mueve el inventario.

En la Tabla 5, la

Tabla 6 y el Anexo 9, se observa un campo para cada uno de los SKU en el que compara el ITR (Rotación del inventario: *Inventory Turns*) de la bodega simulada con la bodega referencia, en resumen los resultados fueron los siguientes:

Tabla 7 Rotación del Inventario (ITR)

	Bodega Referencia	Bodega Simulada	Porcentaje de Mejora
SKU 10001	18,35	17,39	-5,24%
SKU 10002	18,64	12,02	-35,50%
SKU 10003	13,00	22,39	72,15%
SKU 10007	20,82	21,57	3,61%
SKU 10009	27,10	28,12	3,78%
SKU 10010	61,37	8,28	-55,01%
Total	18,95	21,95	15,85%

Para los SKU 10001, 10002 y 10010, la rotación baja debido a que se tiene mayor inventario promedio mensual, mientras para los SKU 10003, 10007 y 10009 el ITR incrementa debido a que el nivel de ventas incrementó por que había mas disponibilidad, y el inventario disminuyó o las ventas incrementan en mayor proporción que el incremento del inventario.

Idealmente se quiere aumentar la rotación de la empresa, sin embargo se deben evaluar los demás indicadores para tomar la decisión. En el caso del Trúput perdido, para el SKU

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

10002, disminuye en un 83,33% como se muestra en la Tabla 5. Sin embargo para los SKU 10003 y 10010 los resultados del Trúput perdido aumenta, en este caso la decisión la toma la empresa cuando evalúa los resultados totales y como se observa en la Tabla 4, la rotación del inventario para el total de los SKU mejora en un 15.85% y el Trúput perdido disminuye en un 82, 48%.

Estos incrementos de inventario sugeridos por *Symphony* pueden representar que algunos de los SKU han asumido altos riesgos para responder a las metas puestas por la misma compañía de reducir inventarios. Y como la propuesta de TOC pretende tener inventarios para cada SKU que protejan las ventas y el costo simultáneamente, entonces para algunos SKU es necesario que el inventario promedio tenga valores superiores a los actuales.

3.4 PLAN DE ACCIÓN

En los primeros pasos para implementar el desarrollo del *Software* está la escogencia de los SKU que se van a simular con el objetivo de observar los beneficios que este traería a la compañía. Después de observar que los resultados son favorables como se muestra en el numeral 3.3.1, se propone continuar con la implementación en toda la empresa.

Entonces para lograrlo, se desarrolla el siguiente plan de acción, donde el objetivo es dejar clara la implementación para la aplicación total de los conceptos de TOC.

Además el uso de una herramienta de *Symphony* llamada *Melody* permitiría el manejo del día a día de la operación, con una correcta administración de los amortiguadores.

3.4.1 Cronograma

Para utilizar *Symphony* y aplicar sus beneficios es necesario que la compañía entienda los conceptos de TOC y los aplique. Basados en la teoría estudiada en el numeral 1.3 los pasos que se deberían seguir para esta implementación son:

- Capacitaciones al Personal en TOC
- Desarrollo de Interfaces
- Cálculo de Amortiguadores
- Reposición Frecuente por Consumo
- Sistema de Prioridades
- Administración Dinámica de Amortiguadores

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Entonces se propone el siguiente cronograma de tiempos, basado en la implementación de la metodología en otras empresas del sector. Los tiempos estimados se observan en la Tabla 8

Tabla 8 Cronograma

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Capacitaciones al Personal en TOC	X	X	X									
Cálculo de Amortiguadores			X	X								
Desarrollo de Interfaces					X	X						
Reposición Frecuente por Consumo						X	X	X	X			
Sistema de Prioridades								X	X			
Administración Dinámica de Amortiguadores										X	X	X

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.2 Capacitaciones al personal en TOC

El tiempo estimado de capacitaciones es de 3 semanas, este tiempo abarca la capacitación de todas las personas de la empresa, desde la parte administrativa, hasta la parte operativa, ya que es necesario que todos entiendan que es un gran cambio de la manera actual de trabajar, que puede traer grandes beneficios, pero es necesario el apoyo de todas las personas y que todos estén hablando el mismo idioma.

Lo importante es que la gente pueda entender los beneficios y que quiera aplicarlos, además entender los motivos por los cuales es muy probable que las cargas laborales se liberen un poco, ya que el caos en la planta disminuirá sustancialmente.

También es necesario cambiar la mentalidad y apropiarse de la cultura de que cuando existe capacidad holgada, no es necesario mantener las máquinas trabajando al 100% de capacidad, el 100% del tiempo.

Las personas deben comprender que es mejor reponer por consumo aunque el trabajo logístico aumente, ya que aumenta la flexibilidad de la planta haciendo posible que se produzcan menos unidades. Como se produce solo las que se necesitan, se generarían mejores niveles de inventario con ventas protegidas por los amortiguadores.

En esta capacitación es importante dar un espacio para que las personas expresen sus reservas con respecto a la implementación y a los cambios de paradigma, ya que, ellos son quienes mejor conocen la operación de la empresa, y en algunos casos, el ambiente específico de la empresa tiene particularidades que exigen hacer algunas adaptaciones a la solución. Algunas particularidades que se pueden encontrar son por ejemplo: tiempos de alistamiento demasiados largos, secuencia de alistamientos dependientes, alta variabilidad en la mezcla de productos, dificultades para administrar un volumen mayor de órdenes de producción en el sistema, entre otros.

3.4.3 Cálculo de amortiguadores

Después de que todo el personal está alineado con la metodología que se va a trabajar, se debe calcular los amortiguadores de los SKU que no hicieron parte de la simulación, utilizando el método de suma móvil explicado en el numeral 3.2.3.

El factor de protección se puede definir por grupos de productos o marcas, no necesariamente debe ser igual para todos los SKU, ya que cada SKU vive una situación diferente: problemas con las materias primas, problemas en los procesos de producción, variabilidad en la demanda, etc.

Es importante tener en cuenta que no es necesario ser demasiado minucioso al momento de calcular los amortiguadores iniciales, puesto que la administración dinámica de amortiguadores los irá ajustando con el tiempo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.4 Desarrollo de Interfaces

Conociendo los requerimientos de *Symphony* y las interfaces de salida de SAP (Sistema para el manejo de los procesos e información de la compañía), se deben desarrollar interfaces que sean compatibles entre ambos sistemas, para garantizar que la información ingresada a *Symphony* es confiable y no se generarán errores por digitación o manejo de la información.

3.4.5 Reposición frecuente por consumo

Diariamente *Symphony* presenta sugerencias de reabastecimiento, entonces es importante que la empresa las revise y gestione diariamente, tomando la decisión de liberar o no las órdenes de producción.

Symphony no tiene en cuenta los SKU que se van a discontinuar, en este caso es el planeador quien debe rechazar la sugerencia de reabastecimiento.

Además se deben aceptar o rechazar todas las sugerencias, incluso para los SKU que están en verde, es decir que el amortiguador está casi lleno. Ya que entre mas frecuente sea la reposición, menor inventario se tendrá y habrá mayor capacidad de respuesta.

3.4.6 Sistema de prioridades

Se propone hacer seguimiento del sistema de prioridades 2 veces al día, entonces la empresa debe garantizar que las prioridades se publican cada vez que se hace seguimiento y todos los operarios y supervisores las entienden y las respetan.

También es importante publicar la política con respecto a las prioridades:

- Si se está produciendo una orden roja, y llega una orden negra, se debe parar la producción de la roja y hacer la negra.
- Si se está produciendo una orden amarilla o verde, y llega una orden negra o roja, se debe parar la producción de las amarilla o verde y hacer la negra o roja.
- Si se está produciendo una orden verde, y llega una orden amarilla, se continúa la producción de la verde y luego se hace la amarilla.

3.4.7 Administración dinámica de amortiguadores

Para la administración de los inventarios, *Symphony* utiliza los conceptos presentados en el numeral 1.3.2, conceptos de mucho verde y mucho rojo, para decidir si se incrementa, se disminuye o se conserva el nivel del amortiguador.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Acá el planeador de producción analiza los cambios propuestos por la herramienta, pero a su vez toma las decisiones y da el veredicto final, basándose en situaciones de la realidad que generan variabilidad y no pueden ser simuladas.

Melody sugiere los cambios en los amortiguadores. Entonces se debe hacer un seguimiento semanal que permita analizar el comportamiento de los amortiguadores con la realidad y como esto ha beneficiado a la empresa, además entender si los planeadores están utilizando las herramientas o simplemente continúan con los métodos tradicionales.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La empresa tiene muy buenos niveles de inventario, mientras el servicio no está en el nivel esperado, esto se debe a los altos riesgos que la empresa corre para conservar bajos niveles de inventario.

En el análisis de la situación actual, se puede identificar que hay áreas de oportunidad y es allí donde se utiliza *Symphony* para entender como se pueden mejorar cada uno de los indicadores.

Además se identifica que la causa de la mayoría de los problemas son los pronósticos y las eficiencias locales, donde se afectan indicadores importantes como el nivel de servicio y el nivel de inventario. Se evidencia además que inventario alto no significa altos niveles de servicio.

Con la implementación del *Software*, se puede observar la mejora potencial que tiene la herramienta. Observar las transacciones diarias permite entender la aplicación de la teoría en el día a día. Además se puede identificar la administración y el manejo de la rutina diaria, el cálculo de los amortiguadores iniciales y la administración de los amortiguadores, donde se observa que uno de los causantes de altos niveles de inventario el tamaño mínimo del lote, ya que en el momento de reabastecer se tiene que producir mucho y generar inventario que no se vende instantáneamente.

El plan de acción presentado mediante el desarrollo de un cronograma es útil para la implementación real de los conceptos a la empresa, sin embargo es de suma importancia que se entrene a todo el personal antes de comenzar a hacer los cambios, de lo contrario se podrían generar resistencias que entorpezcan el proceso.

5. RECOMENDACIONES

5.1 REDUCIR EL MÍNIMO TAMAÑO DEL LOTE DE PRODUCCIÓN

La empresa debe evaluar la posibilidad de reducir el tamaño del lote para conservar las eficiencias locales, ya se demostró que tiene suficiente capacidad, entonces si se desea reducir inventarios es importante reducir el tamaño mínimo del lote de producción.

5.2 RESULTADOS SOSTENIBLES

Si la empresa quiere demostrar que los resultados son sostenibles en el tiempo, se recomienda hacer pruebas donde se observen los resultados en el día a día.

5.3 ELIMINAR PARADIGMAS

No es sólo importante que el personal administrativo tenga claro lo que se quiere implementar, el personal operativo debe entenderlo también ya que son ellos quienes van a sentir mayores cambios en el día a día, por ejemplo deben incrementar el número de cambios en máquinas y existirá menor caos en la planta.

6. CONCLUSIONES

- Se logró demostrar mediante una simulación con el *Software Symphony* que la empresa puede mejorar significativamente su desempeño si aplica en su cadena de suministro los conceptos de la Teoría de Restricciones. Para los 6 SKUs seleccionados, en un período de 180 días se logró una reducción en las ventas perdidas de \$40.056.032, un incremento en el nivel de servicio del 93.11% al 98.78%, y un aumento en la rotación de inventarios del 15.85% lo cual son resultados bastante contundentes.
- El resultado general de la simulación, puede afectar algunos indicadores de la empresa, por ejemplo un resultado negativo de la simulación fue que el nivel de inventarios en general aumentó en \$11.969.300 (12.7%), pero al analizar cuál es el costo real de este incremento de inventarios se puede concluir que el incremento en las ventas lo justifica por completo. El costo real de este aumento de inventarios teniendo en cuenta el Costo de Capital Promedio Ponderado es de solo \$641.140 contra un incremento en ventas de \$40.056.032 lo cual deja una utilidad neta de \$39.414.892.
- La recopilación de los datos para la simulación fue un proceso vital para el proyecto porque de la calidad de estos datos depende la relevancia de los resultados que arroja la simulación. Por esta razón es importante realizar simulaciones con pocos SKUs que sean representativos del sistema evaluado, porque si se realiza con muchos más SKUs se dificulta bastante el aseguramiento de la calidad en la información.
- Uno de los grandes beneficios de la simulación es que el plan de producción se genera a partir del consumo real, en ningún caso hace uso de los pronósticos, simplemente define un amortiguador y cada vez que se realiza un consumo, la producción busca completar el amortiguador.
- Es importante que la empresa siga el plan de acción definido para asegurar una implementación exitosa. La secuencia y el contenido de las actividades están definidos de manera que se logre alinear a todas las áreas con un proceso lógico y confiable.
- Las empresas a lo largo de los años van creando paradigmas que nadie se atreve a cuestionar porque en algún momento dieron buenos resultados. Por esta razón es tan importante que por medio de herramientas como los modelos de simulación se hagan esfuerzos para demostrar la obsolescencia de estos paradigmas.

- *Symphony* demostró ser un excelente *Software* de simulación por lo amigable que es con el usuario y por todas las opciones que tiene para analizar los resultados. Gracias a sus funcionalidades, tablas y gráficos, fue posible analizar minuciosamente los resultados que se hubieran obtenido si la empresa hubiera aplicado los conceptos de la Teoría de Restricciones en sus procesos. Entonces como conclusión final, Teoría de Restricciones y *Symphony* como su herramienta informática podrían traer excelentes beneficios de manera sistemática para las empresas que lo apliquen, permitiendo principalmente lograr bajos niveles de inventario y mejorando el nivel de de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Anne M. Breen, T. B.-H. (n.d.). *Teoría de Restricciones Aplicada al Sistema de Salud*. Retrieved Agosto 2011, from http://e-toc.com/-/images/comunidad/toc_sistema_salud-1.pdf
- Business dictionary*. (s.f.). Recuperado el Mayo de 2012, de www.businessdictionary.com
- Chen, G., Zhang, G., & Pang, J. (2011). Study on Operating Mechanisms and Dynamics Behavior of Agile Supply Chain. *Journal of Software*.
- Deng, W., Wu, Q., & Li, J. (2011). Methodology of Fuzzy Linear Symmetrical Bi-level Programming and its Application in Supply Chain Management. *Journal of Software*.
- Garg, S., S.Srinivasan, D., & Jaglan, V. (2011). Multi-agent Collaboration Engine for Supply Chain Management. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)*.
- Goldratt, E. (1992). *La meta*. Monterey, Mexico: Ediciones Castillo.
- Goldratt, E. (1997). *Critical Chain*. Estados Unidos: The North River Press.
- Gordratt, E. M. (2009). *Isn't it obvious?* North River Press.
- Gu, Y., & Zhang, H. (2011). An Optimal Inventory Control Model for a Supply Chain with Shortage Constrains. *Journal of Computers*.
- Inherent Simplicity*. (s.f.). Recuperado el 2011, de www.inherentsimplicity.com
- Klčová, H., Šulová, D., & Sodomka, P. (2009). Planning and Scheduling Methods and their Applications in ERP Systems on the Czech Market. *Communications of the IBIMA*, 94-104.
- La Aplicación a Producción (Drum – Buffer – Rope. D.B.R.) de la Teoría de las Limitaciones (Theory Of Constraints. T.O.C.) y sus sinergias con los Sistemas de Mejora Continua*. (n.d.). Retrieved Agosto 2011, from http://www.teoce.com/rcs_prod/070201_dbr_smc.pdf
- Mahendran, H., Narasimhan, K., Nagarajan, N., & S, G. (2011). Investigation of Supply Chain Risk in the Indian Pharmaceutical Industry: A Case Study. *Proceedings of the World Congress on Engineering*.

- Malindžák, D., Mervart, J., & Lenort, R. (2011). The Logistic Principles for Fast Flexible Strategy Design of the Company in Crisis Time. *Managing Global Transitions*.
- Narasimhan, S. L., McLeavey, D. W., & Billington, P. J. (1996). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios*. Mexico: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Rabelo, L., Sarmiento, A. T., & Jones, A. (2011). Stability of the Supply Chain Using System Dynamics Simulation and the Accumulated Deviations fromEquilibrium. *Modelling and Simulation in Engineering*.
- Saha, S., Das, S., & Basu, M. (2011). *Supply Chain Coordination under Stock and Price Dependent Selling Rates under Declining Market*. Hindawi Publishing Corporation Advances in Operations Research.
- Scheinkopf, L. J. (1999). *Thinking for a change*. Taylor & Francis Group, LLC.
- Schrageheim, A. (2007). *Managing Distribution According to TOC Principles*.
- Schrageheim, E., Dettmer, H. W., & Patterson, J. W. (2009). *Supply Chain Management at Warp Speed*. Auerbach Publications.
- Business dictionary*. (s.f.). Recuperado el Mayo de 2012, de www.businessdictionary.com
- Narasimhan, S. L., McLeavey, D. W., & Billington, P. J. (1996). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios*. Mexico: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Schrageheim, E., Dettmer, H. W., & Patterson, J. W. (2009). *Supply Chain Management at Warp Speed*. Florida: Auerbach Publications.
- Simple Solutions. (s.f.). Módulo de Operaciones MTS. Medellín.
- Simplicity, I. (s.f.). Simulator Guide.
- Zheng, Y., & Mesghouni, K. (2011). Application of Postponement Strategy in Distribution Period for Treating Uncertain Demand in Supply Chain Management. *Engineering Letters*.

ANEXO 1 DATOS DE ENTRADA (MASTER DATA)

- Código Bodega o Bodega: Nombre de cada una de las bodegas.
- Código y Descripción SKU: Estos campos son el código con el cual *Symphony* identifica cada SKU y la descripción que permite identificarlo mas fácilmente de manera visual.
- Inventario: Es la cantidad de inventario de cada SKU para una fecha determinada.
- Consumo: El valor de los consumos reales por cada SKU.
- Amortiguador: Es el valor del amortiguador con el que se crearán los SKU, *Symphony* los calcula con el consumo a lo largo de la simulación de acuerdo a el historial de consumo, sin embargo inicialmente se coloca 1 para todos los SKU y bodegas.
- Tiempo Reabastecimiento: Es el tiempo que se demora una unidad en reponerse después de ser consumida.
- Inventario Inicial en sitio: Como se mencionó en el numeral 3.2 del Marco teórico, la bodega de origen debe tener capacidad ilimitada, por lo tanto se coloca un valor de 1.000.000, las demás bodegas inician con un valor de 0, ya que este será actualizado en el estado inicial de los SKU.
- Inventario Inicial en Tránsito/Producción: Por defecto se debe colocar en 0 para todos los SKUs.
- Origen: Es la bodega de origen de todos los SKU, en este caso para la bodega Origen, se deja en blanco ya que es la planta de producción, para las bodegas de Referencia y Simulada, el origen es la Bodega Origen.
- Precio, CTV y Trúput: El precio es el valor al cual la compañía distribuye sus productos y el CTV es el costo final de cada SKU.

$$\text{Trúput} = \text{Precio} - \text{CTV}(\text{Costo totalmente variable})$$

- Reabastecimiento automático: Se coloca 1 en todos los SKU en el que el reabastecimiento es automático, en este caso para la bodega simulada todos deben ser 1, y 0 cuando no es automático (Bodega Origen y Referencia)
- Política ADA (Adminitración dinámica de amortiguadores): Los valores para llenar esta tabla son: 1 significa que el proceso es manual, el 2 significa que la política de ADA no se realiza y el 3 se coloca a los procesos que deben ser automáticos. En

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

el caso de la empresa, la bodega de origen y referencia tienen un 2, mientras la simulada es 3.

- Día, Mes y Año: Fecha en la que se realiza cada consumo o fecha correspondiente a cada saldo de inventario.

ANEXO 2 UBICACIONES DEL INVENTARIO (STOCK LOCATIONS)

Warehouse	Type	Year	Month	Day
Origin	Origin	2011	Mes 1	1
Bodega Ref	Reference	2011	Mes 1	1
Bodega Sim	Simulated	2011	Mes 1	1

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 3 SKU'S EN AMBIENTES MTS (MTSSKU's_CREATE SKU's)

Código Bodega	Código SKU	Descripción SKU	Amortiguador	Tiempo Reabast	Inventario Inicial en Sitio	Inventario Inicial en Tránsito	Inventario Inicial en Producción	Origen	Precio Unitario
Origin	10001	Producto 1	1	7	1000000	0	0		5579
Origin	10002	Producto 2	1	7	1000000	0	0		13566
Origin	10003	Producto 3	1	5	1000000	0	0		6688
Origin	10007	Producto 7	1	5	1000000	0	0		12261
Origin	10009	Producto 9	1	3	1000000	0	0		8066
Origin	10010	Producto 10	1	3	1000000	0	0		10290
Bodega Ref	10001	Producto 1	1	7	0	0	0	Origin	5579
Bodega Ref	10002	Producto 2	1	7	0	0	0	Origin	13566
Bodega Ref	10003	Producto 3	1	5	0	0	0	Origin	6688
Bodega Ref	10007	Producto 7	1	5	0	0	0	Origin	12261
Bodega Ref	10009	Producto 9	1	3	0	0	0	Origin	8066
Bodega Ref	10010	Producto 10	1	3	0	0	0	Origin	10290
Bodega Sim	10001	Producto 1	1	7	0	0	0	Origin	5579
Bodega Sim	10002	Producto 2	1	7	0	0	0	Origin	13566
Bodega Sim	10003	Producto 3	1	5	0	0	0	Origin	6688
Bodega Sim	10007	Producto 7	1	5	0	0	0	Origin	12261
Bodega Sim	10009	Producto 9	1	3	0	0	0	Origin	8066
Bodega Sim	10010	Producto 10	1	3	0	0	0	Origin	10290

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CTV	Trúput	Reabastecimiento Mínimo	Multiplicador de Reabasteci	Reabastecimiento Automático?	Política ADA	Prop	Año Reporte	Mes Reporte	Día Reporte
4292	1288	1576	788	0	2	C	2011	10	1
10435	3131	426	213	0	2	C	2011	10	1
5145	1543	984	492	0	2	B	2011	10	1
9432	2830	1100	275	0	2	B	2011	10	1
6205	1861	2468	617	0	2	A	2011	10	1
7915	2375	380	190	0	2	C	2011	10	1
4292	1288	1576	788	0	2	C	2011	10	1
10435	3131	426	213	0	2	C	2011	10	1
5145	1543	984	492	0	2	B	2011	10	1
9432	2830	1100	275	0	2	B	2011	10	1
6205	1861	2468	617	0	2	A	2011	10	1
7915	2375	380	190	0	2	C	2011	10	1
4292	1288	1576	788	1	3	C	2011	10	1
10435	3131	426	213	1	3	C	2011	10	1
5145	1543	984	492	1	3	B	2011	10	1
9432	2830	1100	275	1	3	B	2011	10	1
6205	1861	2468	617	1	3	A	2011	10	1
7915	2375	380	190	1	3	C	2011	10	1

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 4 AMORTIGUADORES INICIALES (CONSUMPTION_INITIAL_BUFFERS) Y SIMULACIÓN DEL CONSUMO (CONSUMPTION_SIMULATION)

La siguiente tabla es un fragmento de la tabla usada para calcular los amortiguadores iniciales y la simulación del consumo.

Año ▼	Mes ▼	Día ▼	Bodega ▼	SKU ▼	Consumo ▼
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10001	762
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10002	0
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10003	476
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10007	248
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10009	0
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10010	146
2011	Mes 1	1	Bodega Sim	10001	762
2011	Mes 1	1	Bodega Sim	10002	0
2011	Mes 1	1	Bodega Sim	10003	476
2011	Mes 1	1	Bodega Sim	10007	248
2011	Mes 1	1	Bodega Sim	10009	0
2011	Mes 1	1	Bodega Sim	10010	146
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10001	87
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10002	0
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10003	63
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10007	45
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10009	0
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10010	80
2011	Mes 1	2	Bodega Sim	10001	87
2011	Mes 1	2	Bodega Sim	10002	0
2011	Mes 1	2	Bodega Sim	10003	63
2011	Mes 1	2	Bodega Sim	10007	45
2011	Mes 1	2	Bodega Sim	10009	0
2011	Mes 1	2	Bodega Sim	10010	80
2011	Mes 1	3	Bodega Ref	10001	39
...

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 5 ESTADO INICIAL (STATUS_INITIAL_SIM)

Bodega	SKU	Inventario	Año	Mes	Día
Bodega Sim	10001	161	2011	10	1
Bodega Sim	10002	0	2011	10	1
Bodega Sim	10003	1560	2011	10	1
Bodega Sim	10007	2010	2011	10	1
Bodega Sim	10009	0	2011	10	1
Bodega Sim	10010	276	2011	10	1

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

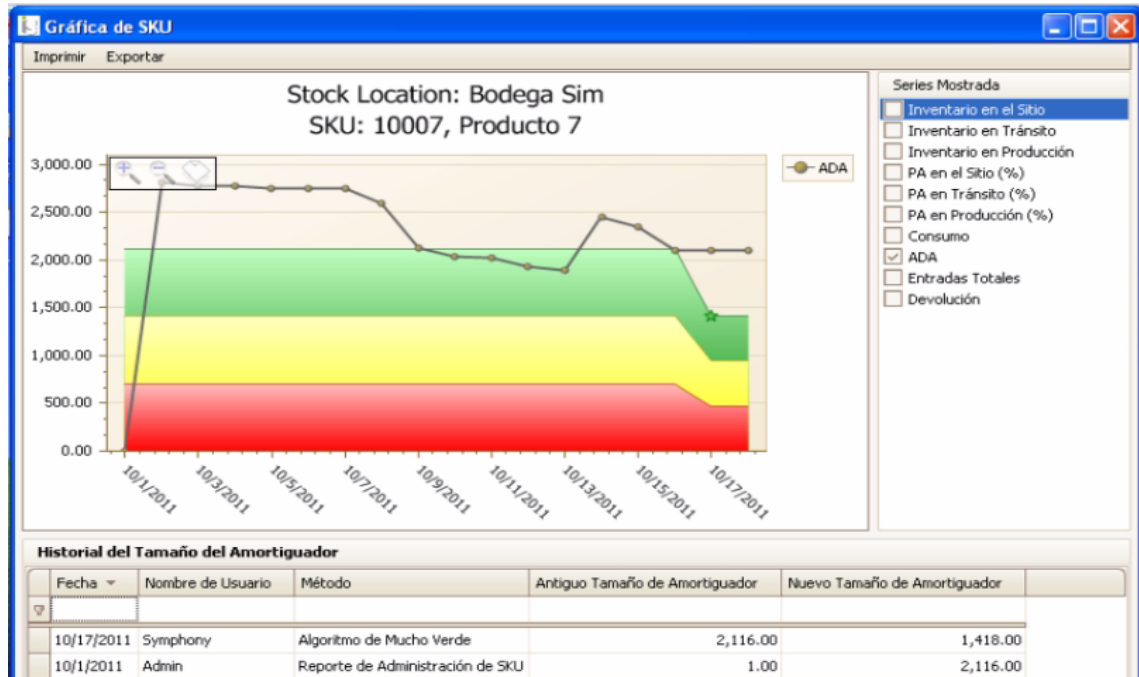
ANEXO 6 ESTADO DE LA SIMULACIÓN (STATUS_SIMULATION_REFWHs)

La siguiente tabla es un fragmento de la tabla usada para mostrar el estado del inventario, cada día de la simulación.

Año ▼	Mes ▼	Día ▼	Bodega ▼	SKU ▼	Inventario ▼
2011	Mes 1	1	Bodega Ref	10001	161
2011	Mes 1	2	Bodega Ref	10001	345
2011	Mes 1	3	Bodega Ref	10001	306
2011	Mes 1	4	Bodega Ref	10001	279
2011	Mes 1	5	Bodega Ref	10001	3255
2011	Mes 1	6	Bodega Ref	10001	3223
2011	Mes 1	7	Bodega Ref	10001	3422
2011	Mes 1	8	Bodega Ref	10001	2981
2011	Mes 1	9	Bodega Ref	10001	2793
2011	Mes 1	10	Bodega Ref	10001	2688
2011	Mes 1	11	Bodega Ref	10001	2629
2011	Mes 1	12	Bodega Ref	10001	2142
2011	Mes 1	13	Bodega Ref	10001	1640
2011	Mes 1	14	Bodega Ref	10001	1386
2011	Mes 1	15	Bodega Ref	10001	2193
2011	Mes 1	16	Bodega Ref	10001	1917
2011	Mes 1	17	Bodega Ref	10001	1917
2011	Mes 1	18	Bodega Ref	10001	1512
2011	Mes 1	19	Bodega Ref	10001	4505
2011	Mes 1	20	Bodega Ref	10001	4456
2011	Mes 1	21	Bodega Ref	10001	4026
2011	Mes 1	22	Bodega Ref	10001	4146
2011	Mes 1	23	Bodega Ref	10001	4146
...

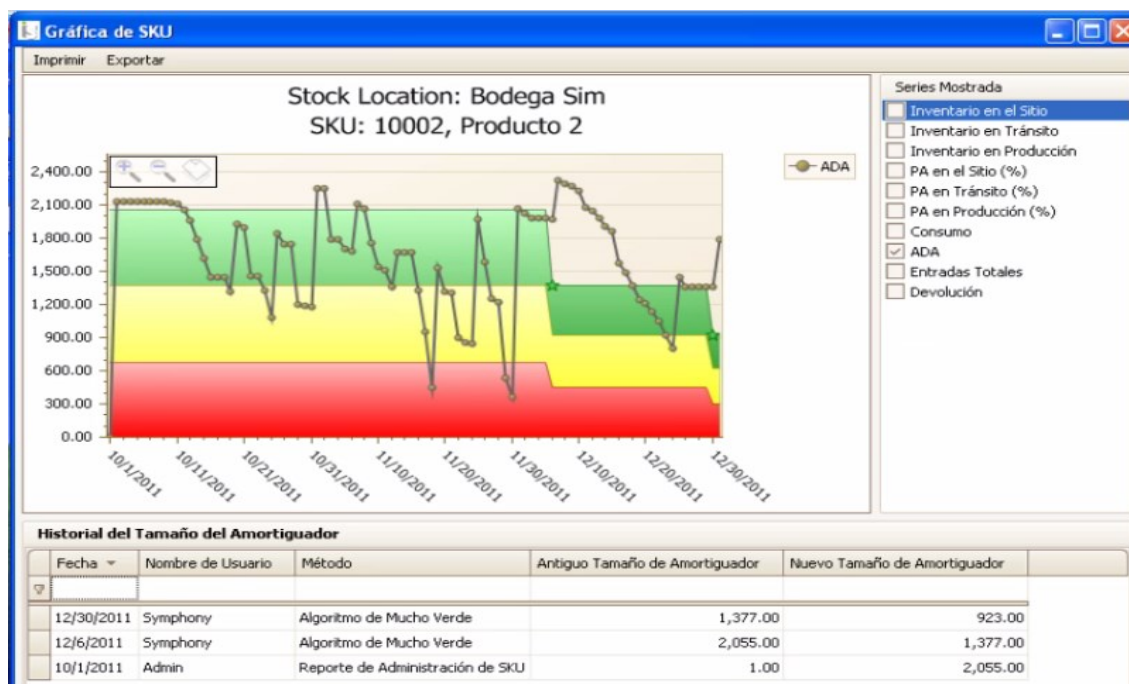
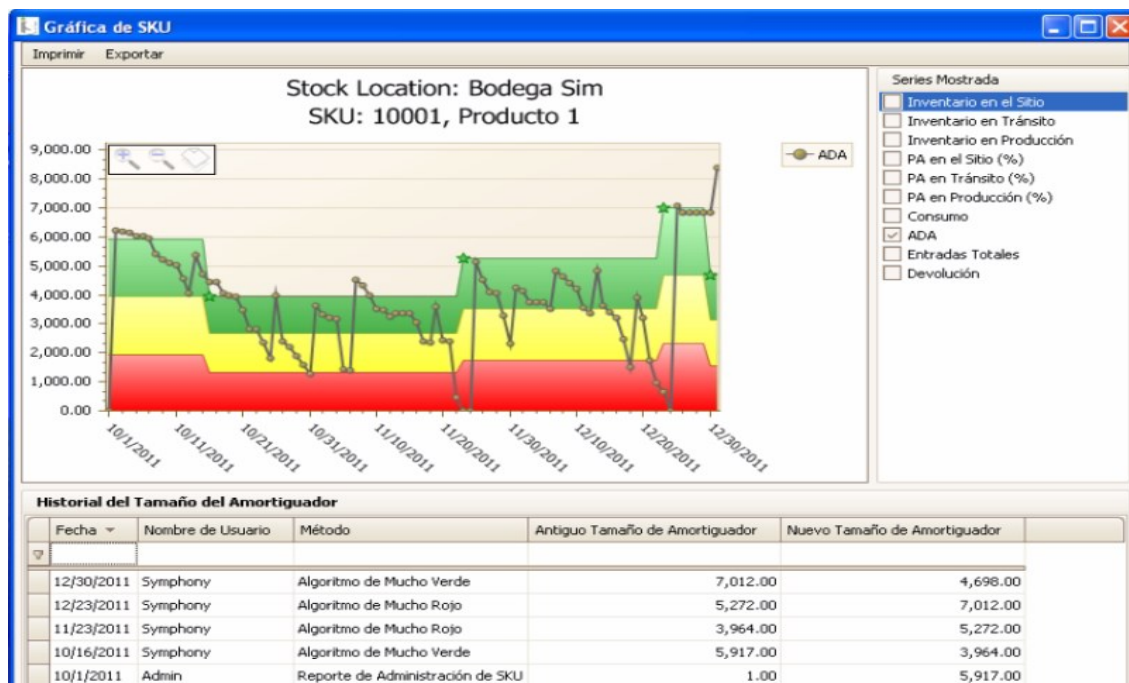
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 7 GRÁFICOS DÍA 20

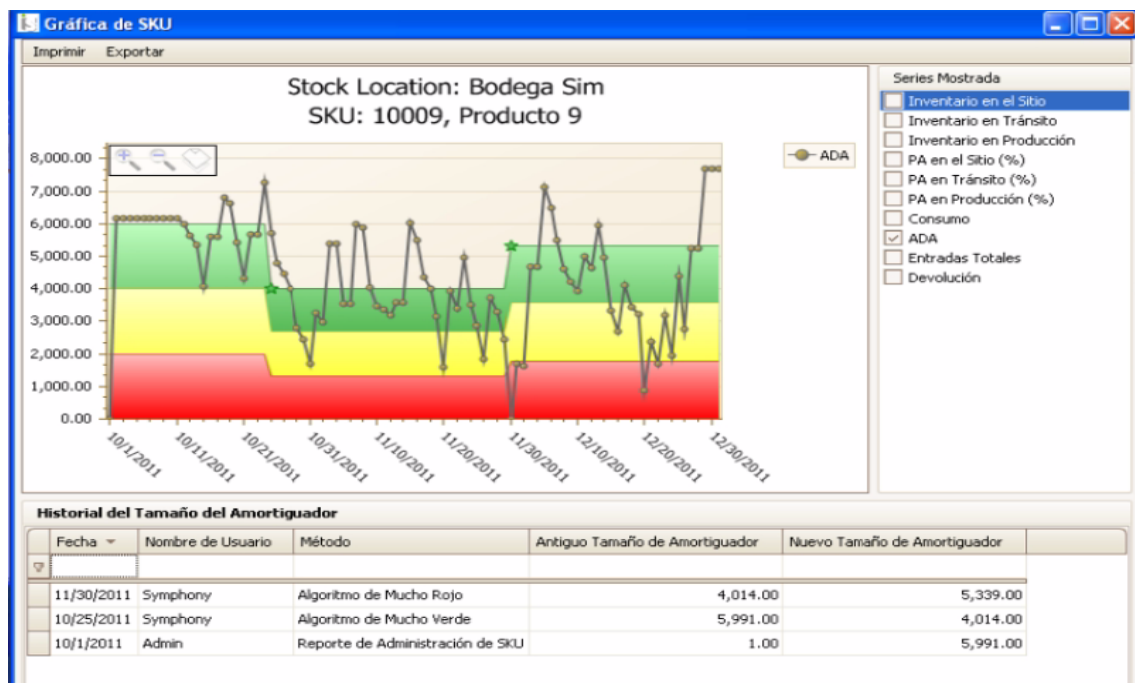
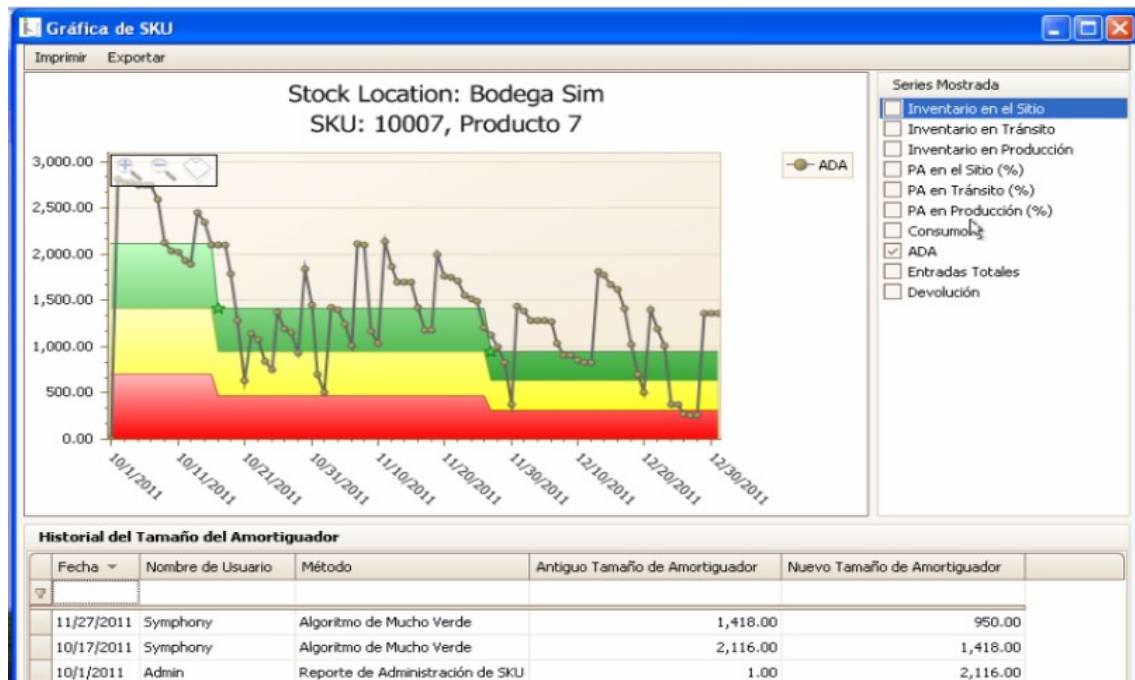


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

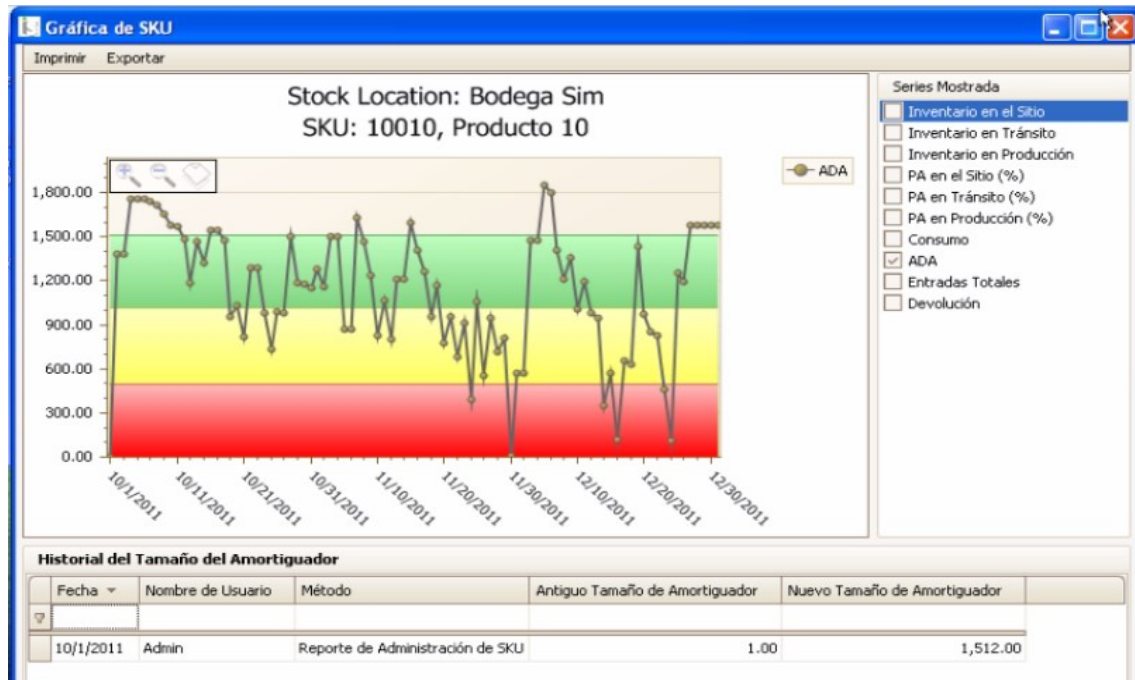
ANEXO 8 GRÁFICOS DÍA 90



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 9 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

- Resultados SKU 10001

	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	18,068,330	17,580,173	2.78 %
Inventario de Cierre	24,648,956	19,193,824	28.42 %
Disponibilidad			
Días de agotados	6	1	500.00 %
Días de agotados %	3.30 %	0.55 %	500.00 %
Ventas			
Trúput Perdido (TVD)	2,543,529	184	1,382,321.72 %
Rotación (ITR)	17.39	18.35	-5.24 %
Retorno sobre Inver (ROI)	5.22	5.51	-5.24%

- Resultados SKU 10007

	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	13,075,136	5,264,507	148.36 %
Inventario de Cierre	19,627,992	0	
Disponibilidad			
Días de agotados	6	67	-91.04 %
Días de agotados %	3.30 %	36.81 %	-91.04 %
Ventas			
Trúput Perdido (TVD)	2,123,066	41,620,846	-94.90 %
Rotación (ITR)	21.57	20.82	3.61 %
Retorno sobre Inver (ROI)	6.47	6.25	3.61%

- Resultados SKU 10009

	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	25,712,463	14,753,751	74.28 %
Inventario de Cierre	15,866,185	179,945	8,717.24 %
Disponibilidad			
Días de agotados	2	17	-88.24 %
Días de agotados %	1.10 %	9.34 %	-88.24 %
Ventas			
Trúput Perdido (TVD)	860,943	6,968,718	-87.65 %
Rotación (ITR)	28.12	27.10	3.78 %
Retorno sobre Inver (ROI)	8.43	8.13	3.78%

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Resultados SKU 10010

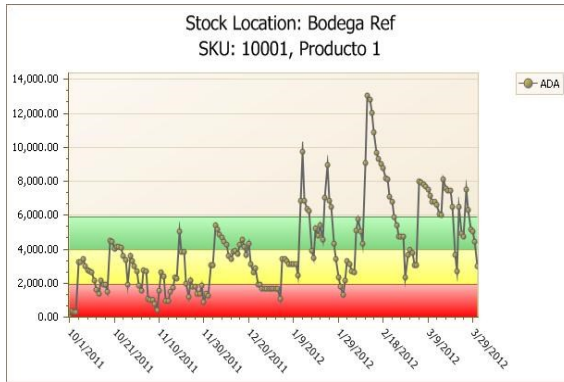
	Resultados de la Simulación	Resultados de Bodega Referencia	Mejora
Inventario			
Inventario Promedio	9,573,671	3,486,036	174.63 %
Inventario de Cierre	11,571,730	1,994,580	480.16 %
Disponibilidad			
Días de agotados	4	1	300.00 %
Días de agotados %	2.20 %	0.55 %	300.00 %
Ventas			
Tráput Perdido (TVD)	1,302,751	792	164,459.71 %
Rotación (ITR)	27.61	61.37	-55.01 %
Retorno sobre Inver (ROI)	8.28	18.41	-55.01%

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

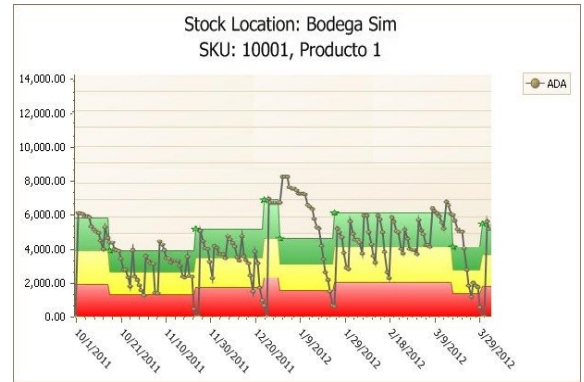
ANEXO 10

NIVELES DE INVENTARIO DIARIO POR SKU

- SKU 10001

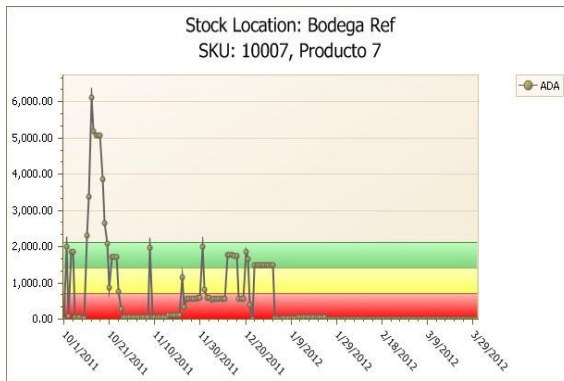


Bodega Referencia

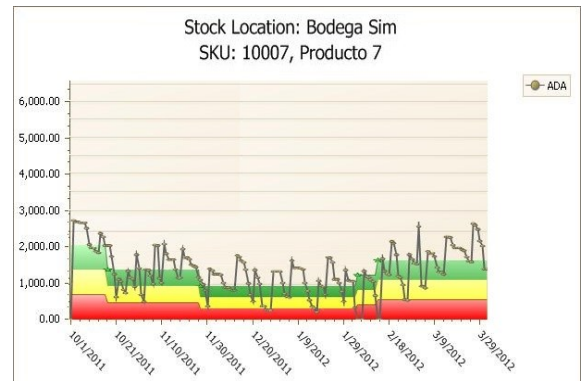


Bodega Simulada

- SKU 10007



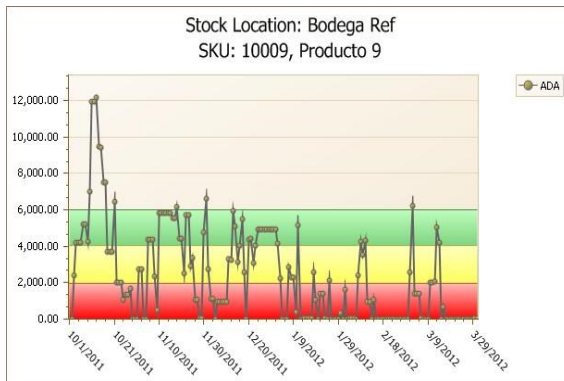
Bodega Referencia



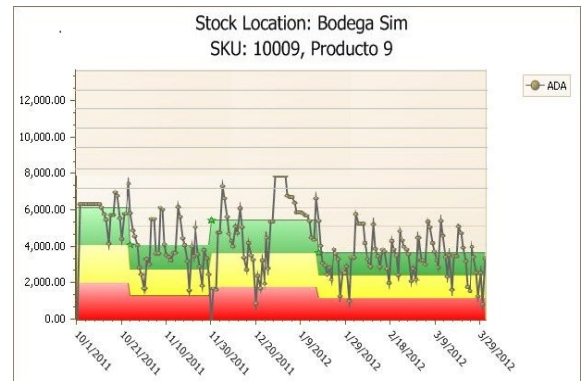
Bodega Simulada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- SKU 10009

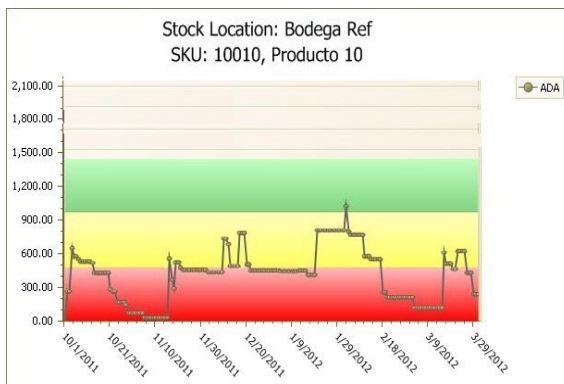


Bodega Referencia

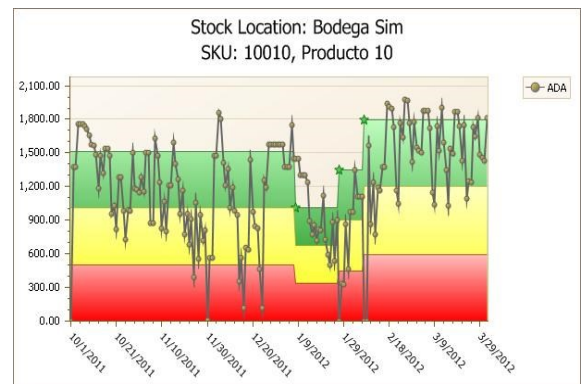


Bodega Simulada

- SKU 10010



Bodega Referencia



Bodega Simulada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 11 EXCESO DE INVENTARIO BODEGA REFERENCIA

La siguiente tabla es un fragmento de la tabla total donde se muestra la información de excesos por cada SKU para los 6 meses de la simulación en la bodega referencia.

Exceso de Inventario (Penalización)				Fecha								
Bodega	Descripción de Bodega	SKU	Descripción de SKU	10/6/2011	10/7/2011	10/8/2011	10/9/2011	10/10/2011	10/11/2011	10/12/2011	10/13/2011	
Bodega Ref		10002	Producto 2									...
		10007	Producto 7						1,773,216	11,865,456	37,841,184	...
		10009	Producto 9					6,242,230	37,050,055	37,050,055	38,471,000	...
		10001	Producto 1									...
		10003	Producto 3	576,240	3,179,610	2,202,060	9,744,630	20,713,770	20,533,695	19,185,705	16,227,330	...
	Total			576,240	3,179,610	2,202,060	9,744,630	26,956,000	59,356,966	68,101,216	92,539,514	...

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 12 *EXCESO DE INVENTARIO BODEGA SIMULADA*

La siguiente tabla es un fragmento de la tabla total donde se muestra la información de excesos por cada SKU para los 6 meses de la simulación en la bodega referencia.

Exceso de Inventario (Penalización)				Fecha								
Bodega	Descripción de Bodega	SKU	Descripción de SKU	10/1/2011	10/2/2011	10/3/2011	10/4/2011	10/5/2011	10/6/2011	10/7/2011	10/8/2011	
Bodega Sim		10010	Producto 10			1,962,920	1,962,920	1,962,920	1,962,920	1,844,195	1,614,660	...
		10003	Producto 3					3,061,275	2,968,665	2,762,865	1,785,315	...
		10001	Producto 1	1,661,004	1,287,600	1,120,212	1,004,328	592,296	454,952	210,308		...
		10002	Producto 2	782,625	782,625	782,625	782,625	782,625	782,625	782,625	782,625	...
		10007	Producto 7	7,036,272	6,611,832	6,253,416	6,206,256	6,008,184	5,989,320	5,979,888	4,499,064	...
		10009	Producto 9	1,110,695	1,110,695	1,110,695	1,110,695	1,110,695	1,110,695	1,110,695	1,110,695	...
		Total		10,590,596	9,792,752	11,229,868	11,066,824	13,517,995	13,269,177	12,690,576	9,792,359	...

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.




ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: (dd/mm/aa)	16 / Noviembre / 2012								
Nombre del proyecto:	Aplicación del software Symphony de inherent simplicity para la implementación de la teoría de restricciones a la cadena de suministro de una empresa del sector real. Caso: Simple Solutions.								
Director del proyecto:	Daniel Céspedes Peña								
<table border="1"><tr><td>Nombre del estudiante</td><td>Programa académico</td></tr><tr><td>Lina Marcela Salcedo Ramírez</td><td>Ingeniería Industrial</td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr></table>		Nombre del estudiante	Programa académico	Lina Marcela Salcedo Ramírez	Ingeniería Industrial				
Nombre del estudiante	Programa académico								
Lina Marcela Salcedo Ramírez	Ingeniería Industrial								
Nombre del Jurado:									
Evaluación del proyecto. Espacio exclusivo para jurado									
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado sin mención									
<input type="checkbox"/> con Mención Pública <input type="checkbox"/> con Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado									
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no"). La justificación debe tener mínimo 500 palabras.									


DIRECTOR INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO


JURADO (Si lo hubo)

JURADO (Si lo hubo)